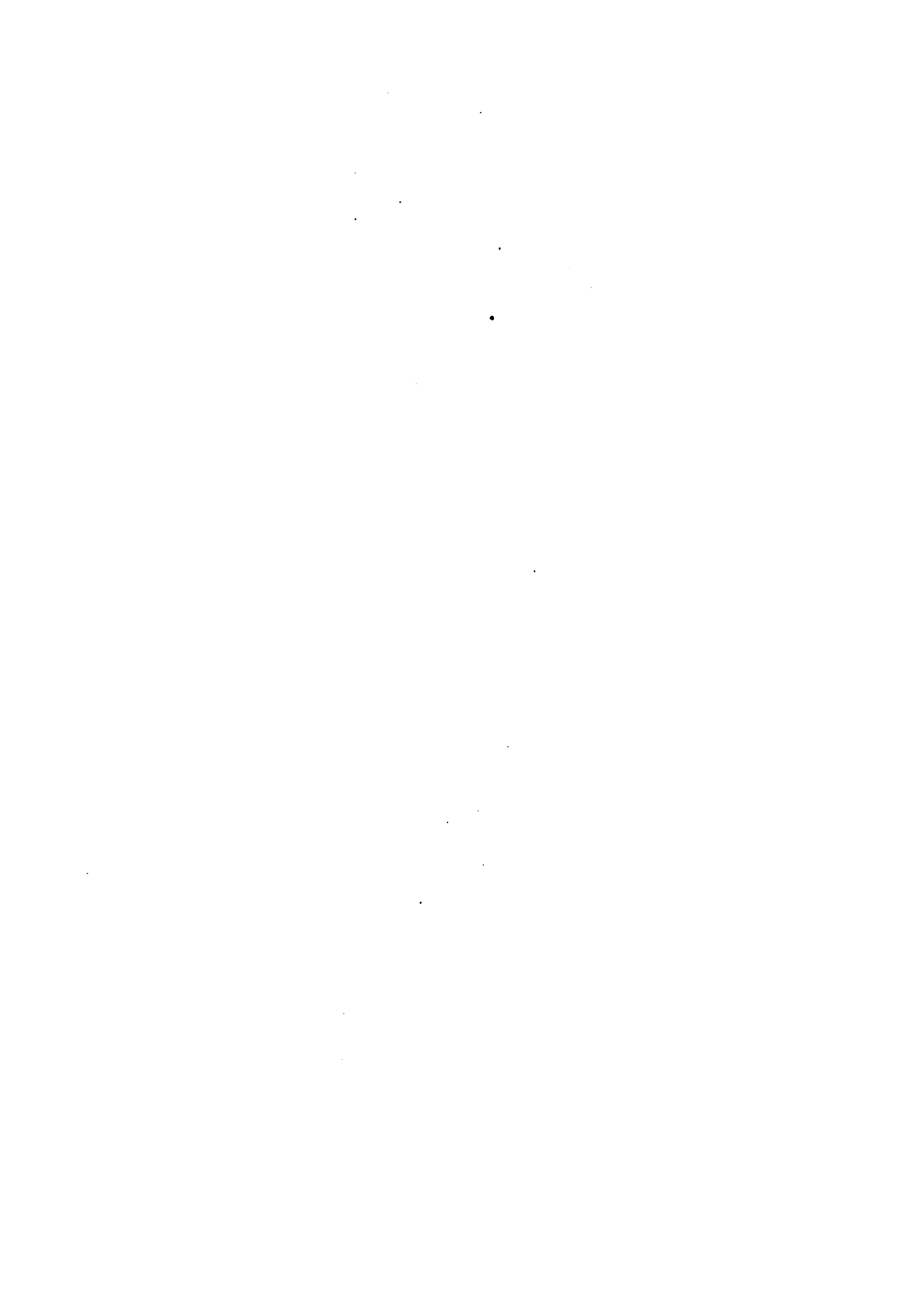
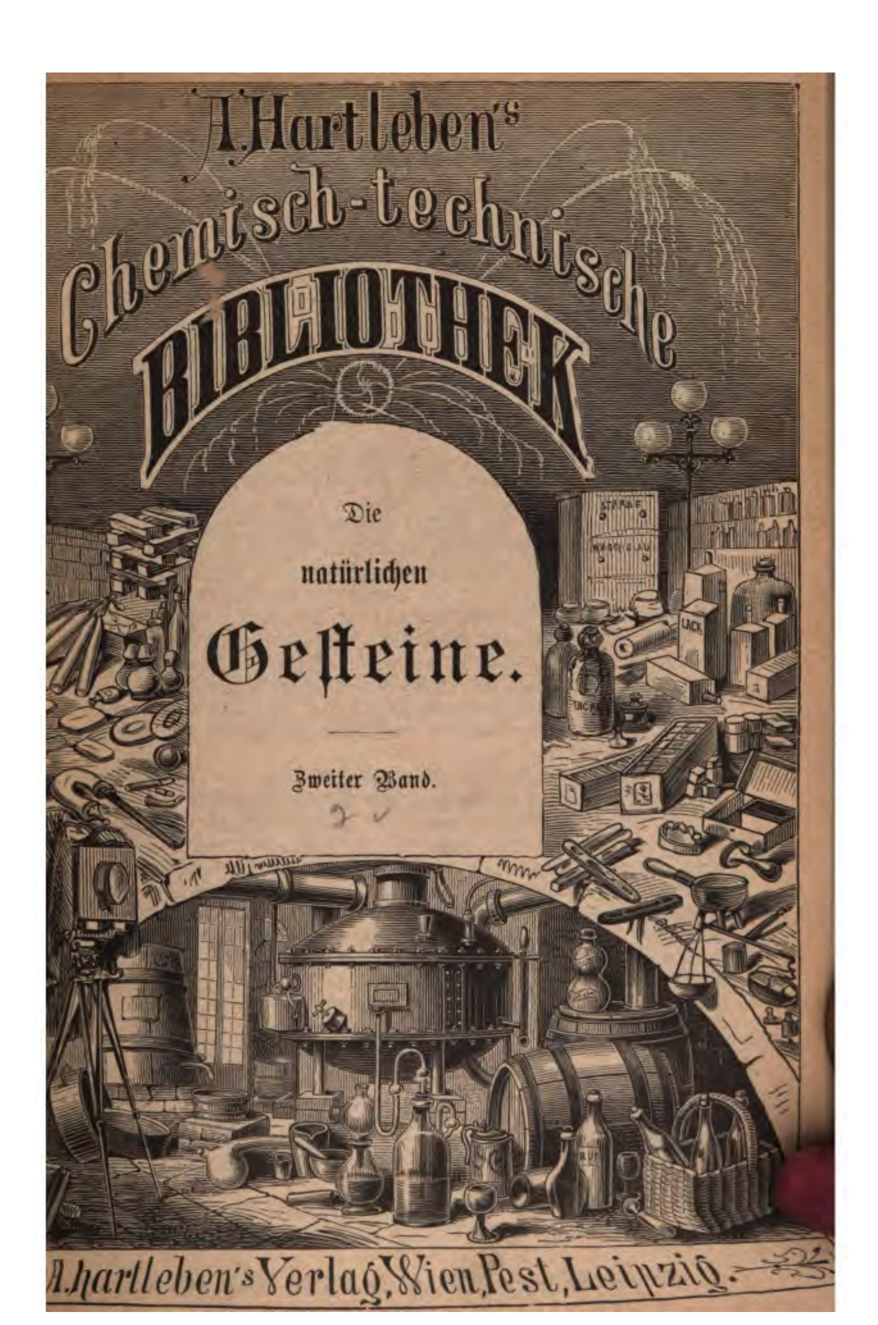










A. Hartleben's
Chemisch-technische
BIBLIOTHEK
Die
natürlichen
Gesteine.
Zweiter Band.
A. Hartleben's Verlag, Wien, Pest, Leipzig.

A. Hartleben's

Chemisch-technische Bibliothek.

In zwanglosen Bänden. — Mit vielen Illustrationen. — Jeder Band einzeln zu haben.

Kein Zweig der menschlichen Thätigkeit hat in einer so kurzen Spanne Zeit so bedeutende, wahrhaft riesige Fortschritte gemacht, wie die chemische Wissenschaft und deren Anwendung auf die Gewerbe — die chemische Technologie; jedes Jahr, ja fast jeder Monat bereichert unser Wissen mit neuen staunenswerthen Erfindungen auf chemisch-industriellem Gebiete.

Die chemischen Gewerbe haben das Eigenthümliche, daß sie ein viel rascheres Umsetzen des Capitals gestatten, als die mechanischen; während es bei diesen oft Monate lang dauert, bis das Object verkaufsfähig wird, verwandelt der Industrielle auf chemischem Wege sein Rohmaterial in wenigen Tagen, oft selbst in wenigen Stunden in fertige Handelswaare. Wir erinnern hier nur an die Seifen-Fabrikation, die Fabrikation der Parfumerien, der Stärke, des Leimes, die Branntweinbrennerei, Essig-Fabrikation, Bierbrauerei u. s. w.

Die chemisch-technische Literatur hat aber im Großen und Ganzen nicht mit den Fortschritten der Technik gleichen Schritt gehalten; wir besitzen zwar treffliche Quellenwerke, welche aber vom allgemein wissenschaftlichen Standpunkte gehalten, dem praktischen Fabrikanten in der Regel nicht das bieten, was für ihn Bedürfniß ist: ein compendiös abgefaßtes Handbuch, in welchem frei von allem überflüssigen Beiwerke die Fabrikation der betreffenden Producte in klarer, leicht faßlicher, wahrhaft populärer Weise dargestellt ist und den neuesten Erfindungen und Erfahrungen entsprechend Rechnung getragen wird.

Die Mehrzahl der chemisch-technischen Specialwerke, welche unsere Literatur besitzt, datirt meist aus älterer Zeit, oder sind von bloßen Theoretikern verfaßt, denen die Kenntniß der **praktischen** Fortschritte auf chemisch-technischem Gebiete mangelt.

Eine neue Zeit fordert neue Bücher. — In Erwägung der vorstehenden Thatsachen ist die gefertigte Verlagshandlung seit einer Reihe von Jahren thätig, im Vereine mit einer großen Anzahl der eminentesten Fachmänner und treu in ihrer Richtung: die Industrie durch Herausgabe wahrhaft populärer technischer Werke zu unterstützen, die **Chemisch-technische Bibliothek** zu einer alle Gebiete der menschlichen Arbeit umfassenden Encyklopädie zu gestalten, in welche nach und nach alle Zweige der chemischen Industrie aufgenommen werden sollen. — Die Bearbeitung jedes Fabrikationszweiges liegt in den Händen solcher Männer, welche durch ihre reichen wissenschaftlichen Erfahrungen, sowie durch ihre bisherigen literarischen Leistungen die sichere Bürgschaft dafür geben, daß ihre Werke das Beste bieten, das auf diesem Gebiete gefordert werden kann.

Daß der von der unterzeichneten Verlagshandlung eingeschlagene Weg der Herausgabe einer chemisch-technischen Bibliothek der richtige sei, wird durch die ausnahmslos höchst günstigen Besprechungen der bisher erschienenen 170 Bände der »Chemisch-technischen Bibliothek« in den verschiedensten technischen und wissenschaftlichen Blättern des In- und Auslandes verbürgt.

Mitarbeiter für unsere »Chemisch-technische Bibliothek« sind uns stets willkommen.

Möge das Unternehmen dem allgemeinen Wohle jenen Nutzen bringen, welchen die Schöpfer desselben als erstrebenswerthes Ziel im Auge haben!

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die

natürlichen Gesteine

ihre

chemisch-mineralogische Zusammensetzung,
Gewinnung, Prüfung, Bearbeitung und Conservirung.

Von

Richard Krüger.

Zweiter Band.



Die natürlichen Gesteine

ihre

chemisch-mineralogische Zusammensetzung

Gewinnung, Prüfung, Bearbeitung und Conservirung.

Für Architekten, Bau- und Bergingenieure, Baugewerks- und Steinmetzmeister, sowie für Steinbruchbesitzer, Baubehörden u. s. w.

Von

Richard Krüger

Bauingenieur.

Zweiter Band.

Mit 100 Abbildungen.



Wien. Pest. Leipzig.

A. Hartleben's Verlag.

1889.



K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien

Inhalt.

Erstes Capitel.

Die Gewinnung der natürlichen Gesteine.

Zweites Capitel.

Die Prüfung der natürlichen Gesteine.

Drittes Capitel.

Bearbeitung und Conservirung der natürlichen Gesteine.

Druckfehlerverzeichniß zum zweiten Band.

Seite 30 Zeile 16 von oben lies „Felsstückes" statt „Feldstückes".

Seite 111 Zeile 3 von oben lies „$\frac{1}{2.2}$" statt „$\frac{1}{22}$"

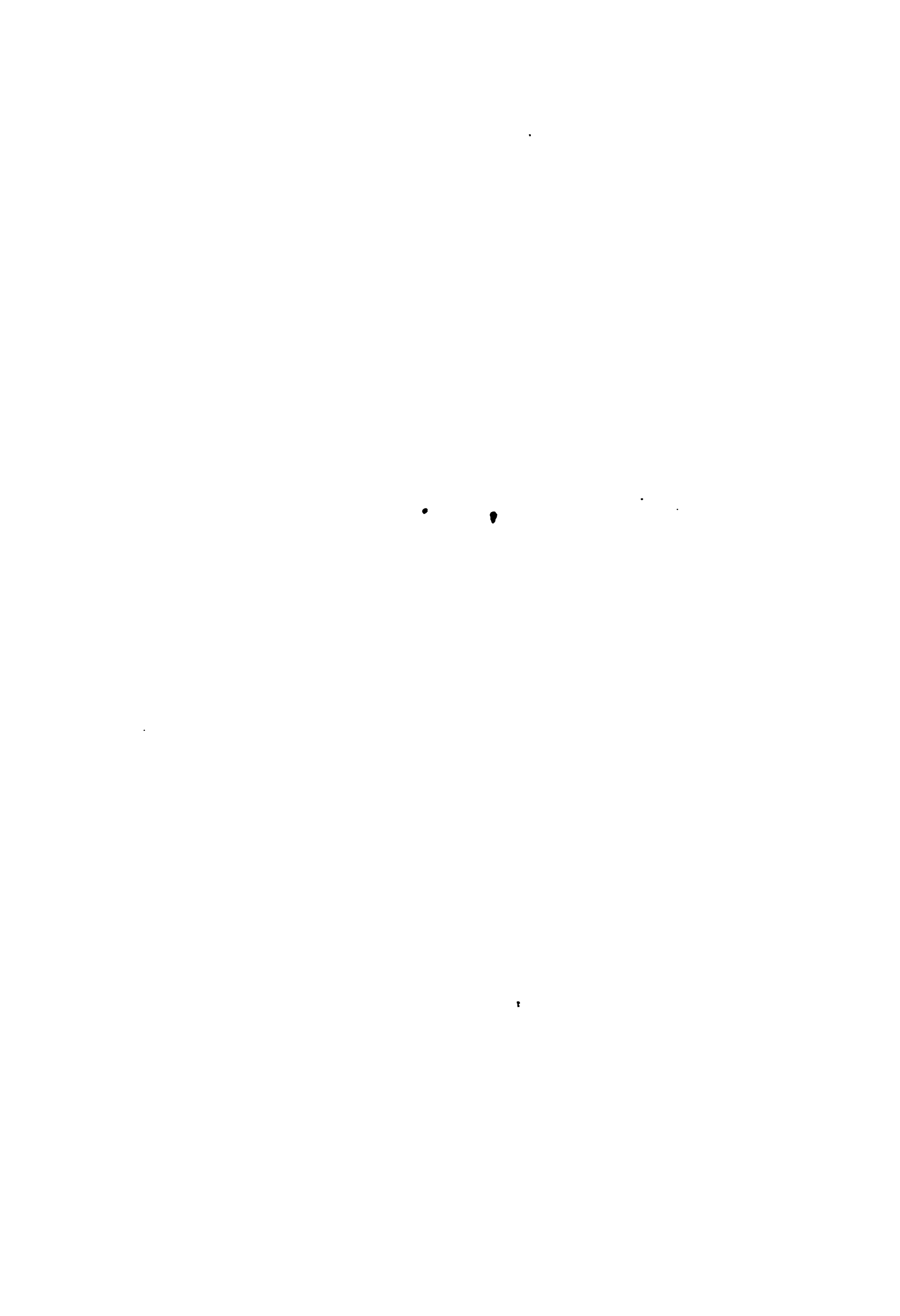
Seite 113 Zeile 14 von unten lies „entgegensetzen" statt „entgegensetzten".

Die Gewinnung

der natürlichen Gesteine,

ihre

Prüfung, Bearbeitung und Conservirung.



Erstes Capitel.

Die Gewinnung der natürlichen Gesteine.*)

§ 1. Die Vorerhebungen.

Ist das Vorkommen nutzbarer Gesteine an einem Orte durch einen Sachverständigen zuverlässig festgestellt worden, so muß man zunächst die Lagerstätte, ihre Ausdehnung und Mächtigkeit, das Streichen und Fallen der Schichten u. s. w. durch sehr sorgfältig auszuführende Schürf- oder Vorarbeiten aufzuschließen suchen, weil in den meisten Fällen das natürliche Terrain nur an einzelnen Punkten eine Beurtheilung der Lagerungsverhältnisse zuläßt. Diese Vorarbeiten sind für die Feststellung der Abbauwürdigkeit und der späteren

---

*) Benutzte Literatur: Hauenschild, Katechismus der Baumateralien, I. Theil, 1879. S. 144 bis 166. — Gottgetreu, Baumateralien, I. Band, III. Auflage, 1880. S. 170 bis 195. — Dietrich, Baumateralien der Steinstraßen, 1885. S. 106 bis 137. — J. Mahler, Sprengtechnik, 8. Auflage. Wien. — Dr. Serlo, Leitfaden zur Bergbaukunde, 2. Auflage. Berlin. — Karmarsch und Heeren, technisches Wörterbuch, III. Auflage, Band I, S. 382 bis 429 und 695—707; Band III, S. 318—339; Band VIII, S. 381 bis 387 und 452 454. — Mehrere Journalartikel.

Art der Gewinnung nothwendig, und sie sind je nach der Beschaffenheit des Terrains, nach der Mächtigkeit und Art des Abraumes, d. h. der über dem zu gewinnenden Gestein lagernden unbrauchbaren Materialien (z. B. erdiger und steiniger Schutt, verwitterte Felspartien), nach den Lagerungsverhältnissen, nach der mineralogischen Zusammensetzung des nutzbaren Gesteins sehr verschieden.

Ist eine Lagerstätte durch das sogenannte Ausgehende (vgl. Bd. I. § 7) angedeutet, so stellt man Schürfgräben oder Röschen durch die Abraumdecke bis auf das abzubauende Gestein und in der Richtung des Streichens der Gebirgsschichten her. Diese grubenartigen Vertiefungen führt man auch senkrecht auf das Streichen und auf größere Länge aus, um das Ausgehende aufzusuchen und die Mächtigkeit der geneigten Schichten zu bestimmen. Ferner teuft man einzelne Schürfschächte von mäßiger Tiefe in kurzen Entfernungen von einander ab, stellt zuweilen auch und besonders dann, wenn die Schichten steil stehen und die Terrainoberfläche sehr hügelig ist, Schürf- und Versuchsstollen, d. h. horizontale oder geneigte unterirdische Gänge, her und führt endlich zur Erschließung des Unterirdischen bei größeren Tiefen Bohrungen an verschiedenen Stellen des muthmaßlichen Lagergebietes aus.

Neben den technischen Vorarbeiten haben finanzielle Vorerhebungen zu erfolgen. Es sind die Grunderwerbskosten oder der Pachtzins (Bruchzins), die Kosten für die Beseitigung des Abraumes und der oberflächlichen, verwitterten, unbrauchbaren Gesteinsmassen (der sogenannten Schwarte), die Kosten für die Förderung und den Transport vom Bruche bis zur Verladungsstelle, die Kosten für die Abführung des Wassers u. s. w. festzustellen, wobei es sich empfehlen wird, diesen Annäherungs-Berechnungen die Verhältnisse anderer Brüche,

welche ein gleiches oder ein ähnliches Gesteinsmaterial führen und eine ähnliche Lage haben, zu Grunde zu legen.

Hat man nach allen diesen Vorerhebungen die Ueberzeugung gewonnen, daß das Gesteinslager abbauwürdig ist, so beginnen die Vorarbeiten zur Gewinnung. Zunächst muß man erwägen, ob das nutzbare Gestein in einem offenen Steinbruch (Tagebau) gewonnen werden kann oder ob ein regelrecht bergmännischer, unterirdischer Abbau empfehlenswerther ist oder allein ausführbar erscheint.

Liegt das abzubauende Gestein nicht tief unter der Terrainoberfläche, wie dies z. B. beim Schiefer, Sandstein, Kalkstein, Granit, Basalt u. s. w. gewöhnlich der Fall ist, oder ist bei größerer Tiefenlage die Beseitigung des Abraumes nicht schwierig und nicht theuer, und kommt das Gestein in mächtigeren Bänken vor, so baut man am billigsten und bequemsten unter offenem Himmel, „zu Tage".

Aus offenen Steinbrüchen können in der Regel alle ungeschichteten Massengesteine sowie horizontal gelagerte Schichtgesteine gewonnen werden, weil bei ihnen die Abbauverhältnisse meistens günstig liegen.

Befindet sich dagegen das nutzbare Gestein in größerer Tiefe unter der Erdoberfläche oder bereitet das Fortschaffen des über dem Gestein lagernden unbrauchbaren Materials größere Schwierigkeiten und erheblichere Kosten, oder kommt das Gestein nur in dünnen Bänken oder in vereinzelten guten Adern vor, die auf größere Tiefe zu verfolgen sind, so wird der unterirdische Abbau sich trotz des Grubenausbaues zur Verhütung des Zusammensturzes der Stollen und Schächte billiger stellen und daher vorgezogen werden müssen.

Liegen die Verhältnisse so ungünstig, daß das Gestein nur durch einen unterirdischen Abbau gewonnen werden kann, so wird sich derselbe nur dann empfehlen lassen, wenn sehr gutes Gestein vorhanden ist, in der Gegend verlangt und gut bezahlt wird.

Bei diesen Erwägungen spielt die Mächtigkeit und Beschaffenheit des Abraumes, der Kostenpunkt und der Arbeitsaufwand seiner Beseitigung eine große Rolle. Bei geringer und gleichmäßiger Mächtigkeit, bei billiger und leichter Entfernung der Schwarte wird sich auch der Abbau geringmächtiger Gesteinslager meistens lohnend erweisen.

Die Güte des Gesteins wächst in der Regel nach dem Innern seines Lagers, und je höher der Abraum ist, desto härter und dauerhafter ist gewöhnlich das Gestein. Man wird daher durch unterirdische Steinbrüche im Allgemeinen bessere Steinqualitäten erzielen als durch offene. Häufig kann auch die abbauwürdige Quantität des Gesteins durch einen unterirdischen Steinbruch wesentlich vergrößert werden. Aus diesen Gründen kann selbst bei günstigeren Abraumverhältnissen sich der unterirdische Abbau mehr empfehlen lassen als der billigere Tagebau, zumal wenn es sich auch um die Gewinnung von besonders werthvollem Material handelt.

Gesteine, aus denen später Pflastersteine, Quader, Platten und andere Baumateralien gefertigt werden, werden fast immer in offenen Steinbrüchen gewonnen. Der einzige in Deutschland bekannte Fall eines unterirdischen Abbaues von Baumateralien ist die aus 10 bis 25 *m* hohen Stollen durch Keil- und Pulversprengungen erfolgende Gewinnung der Basaltlava in Niedermendig am Rhein. Dagegen werden erzführende Gesteine meistens unterirdisch abgebaut.

§ 2. Die Anlage der offenen Steinbrüche.

Die Art der Gewinnung ist eine mannigfaltige. Sie hängt zunächst ab von den Lagerungsverhältnissen und von der Beschaffenheit der abzubauenden Gesteinsmasse, d. h. von ihrem Zusammenhang, ihrer Härte, ihrer Festigkeit, ihrer Elasticität, ihrer Zerklüftung, dem Grade ihrer Wetterbeständigkeit und zuweilen von ihrer Auflöslichkeit im Wasser. Sie ist ferner abhängig von der gewünschten Größe und Gestalt der Felsstücke (Blöcke, Platten), von der Größe und Gestalt der benutzbaren Arbeitsräume, von dem Zustande und der Lage der Verkehrswege, von der Erfahrung und der Geschicklichkeit des zur Verfügung stehenden Arbeiterpersonals u. s. w. Kann man zuverlässige und geschulte Steinbrecher bei mäßigem Lohne erhalten, so empfiehlt sich der Abbau mittelst Handarbeit, im anderen Falle mittelst Maschinenarbeit; letztere ist in Steinbrüchen, aus denen Baumaterialien gewonnen werden, selten eingeführt worden.

Um Zeit und Kosten zu ersparen, wird man den Steinbruch so anzulegen haben, daß das eigene Gewicht des Gesteins bei dem Hereinbrechen der abgelösten Felsstücke helfend mitwirken kann. Man wird sich ferner die Arbeit sehr erleichtern, wenn man sich durch baldige Herstellung möglichst vieler freien Flächen möglichst viele Angriffspunkte verschafft und wenn man alle Absonderungsflächen, Verwitterungsklüfte, Schichtungsflächen u. s. w., weil sie annähernd als freie Flächen gelten können und weil nach ihnen die Trennung leicht erfolgt, möglichst berücksichtigt. Besitzen die Felsmassen platten- oder säulenförmige Absonderungen (wie z. B. der Basalt) beziehungsweise regelmäßige, horizontale und verticale Spalten (wie z. B. der Quadersandstein), so lassen sich regelmäßig gestaltete Werkstücke besonders leicht gewinnen.

Große Werkstücke werden am besten im **Sommer** gebrochen, denn die den Steinbrüchen im Winter entnommenen sind häufig nicht frostbeständig und bleiben länger bruchfeucht.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen wollen wir nunmehr zur näheren Beschreibung verschiedener Steinbruchanlagen übergehen und zunächst die **offenen Steinbrüche** betrachten.

Je nach der Beschaffenheit des Terrains sind drei Fälle zu unterscheiden, nämlich die Gewinnung des Gesteins:

1. von steilen Bergrändern,
2. aus einem matt ansteigenden Terrain,
3. aus einem ebenen Terrain.

1. Soll das Gestein von **steilen Bergrändern** gebrochen werden, an deren Fuß die abgelösten Felsstücke auf einem Flußlaufe, einer Landstraße oder einer Eisenbahn vielleicht direct verfrachtet werden können, so kann der Abbau nach Beseitigung der überlagernden, unbrauchbaren Materialien bei Massengesteinen oder horizontal gelagerten geschichteten Gesteinen beliebig von der steilen Wand in ihrer Längsrichtung herunter durch Keil-, Pulver-, Dynamitsprengungen u. s. w. erfolgen. Zur möglichst schnellen Vermehrung der Angriffsflächen ist es jedoch empfehlenswerth, mit der Herstellung einer Nische in der Felswand zu beginnen (**Abbau in Pfeilern**). Zu diesem Zweck wird die Wand gewöhnlich, und wenn das Gestein nicht zu hart ist, am Fuße oder in einer gewissen Höhe über der Abbausohle **unterschrämt**, d. h. es wird meistens parallel zur natürlichen Lagerungsfläche oder horizontal ein die pfeilerförmige Gesteinsmasse unterminirender Schlitz hergestellt, welcher sie auf ihrer Grundfläche von der Hauptmasse trennt. Soll sich der Pfeiler von den drei anderen Seiten allein durch

die Gewalt seiner eigenen Schwere ablösen, so muß dieser Schlitz zu einem tiefer eingreifenden Schram erweitert werden. Man ordnet dann unter dem überhängenden Gestein in gewissen, durch Berechnung leicht festzustellenden Entfernungen hölzerne Stützen oder Säulen an oder läßt genügend tragfähige, jedoch möglichst kleine Pfeiler stehen, nach deren Fortsprengen durch Pulver oder Dynamit die Wand fällt. Auf diese Weise können sehr große Felsmassen mit einer einzigen Sprengung hereingebrochen werden. (Vgl. auch § 13, Schluß). So wurde z. B. im Kalksteinbruch bei Schloß Gänsefurth in der Nähe von Straßfurt durch eine einzige Sprengung (im Juli 1888) eine Felsmasse von etwa 30000 Kubikfestmetern (= 75000 m^3 lose Masse) gewonnen. An Steinen aller Art erhielt man nicht weniger als 12000 Doppelwaggons (= 2400000 Centner!) Es waren in eine 55 *m* hohe Wand auf der Sohle — rechtwinkelig zum Felsen — 11 Stollen von 13 *m* Tiefe hineingetrieben und sodann durch zwei Galerien am Ende und in der Mitte untereinander verbunden worden. Die dadurch entstandenen Pfeiler hatte man noch etwas geschwächt und mit 269 Sprengschüssen geladen. Zum Besetzen der Bohrlöcher waren im Ganzen 87·5 *kg* Dynamit und 187·5 *kg* Pulver verwendet worden.

Ein ähnliches Verfahren wird schon seit Jahren auch in den Kalksteinbrüchen von Rüdersdorf bei Berlin und mit überraschendem Erfolge angewendet.

Nicht anwendbar ist diese Abbaumethode, wenn regelmäßige Quader gewonnen werden sollen. In diesem Falle werden, falls natürliche Verticalspalten nicht vorhanden oder nicht benutzbar sind, rechtwinkelig gegen den unteren Schlitz oder Schram in einer von der gewünschten Blockgröße abhängigen Entfernung auf allen drei Seiten, auf denen der abzutrennende Theil noch in seiner ganzen Höhe

In B ist der umgekehrte Fall angedeutet, welcher für den Abbau unter allen Umständen ungünstig ist, nämlich das widersinnige Einfallen der Schichten. Allerdings ist das Unterschrämen leichter, und wenn von unten nach oben abgebaut wird, fallen die Schichten durch ihre eigene Schwere leicht auf die Abbausohle, wenn aber die Mächtigkeit der brauchbaren Schichten beschränkt ist, tritt bald der Fall ein, daß man entweder unter der Sohle abbauen oder die Gewinnung aufgeben muß.

Die beste und für die Dauer sicherste, für die Gleichmäßigkeit der Qualität bürgende Anbruchstelle gewährt C. Wenn man die Schichten ihrem Streichen nach verfolgt, so kann man bei geneigten Schichten eine und dieselbe Schicht in verschiedener Höhe gleichzeitig abbauen und ist gesichert, wenn nicht größere Verwerfungen vorkommen, so lang die Erstreckung des Gebirges ist, stets auf gleicher Höhe die gleiche Schicht abbauen zu können. Je nach der Mächtigkeit der brauchbaren Schichten erscheint dann entweder ein Angreifen der ganzen Wand nach dem Streichen angezeigt, oder das Ziehen eines Einschnittes, oder bei zu mächtigem Abraume die Anlage eines unterirdischen Abbaues".

2. Soll **in einem sanft ansteigenden Terrain** ein offener Steinbruch angelegt werden, so wird man, falls ein Transportweg wie im Falle 1 sich am Fuße des Höhenzuges bereits vorfindet oder sich hier ohne erhebliche Schwierigkeiten herstellen läßt, darnach trachten müssen, möglichst bald eine senkrechte Wand von größerer Höhe, sogenannte Brust (Brusthöhe), zu gewinnen, um auch hier die bereits besprochenen und empfehlenswerthen Abbaumethoden anwenden zu können. Zu diesem Zwecke stellt man durch die Abraumdecke und die unter derselben lagernde Felsmasse einen Einschnitt her, der von dem Bergesrande bis zu jener Stelle führt, an

welcher die Anlage des Steinbruches beabsichtigt wird. Der Steinbruch wird in Gestalt eines Kessels oder Trichters angelegt. Man wird auch hier die Zahl der Arbeitsstellen und damit die Production durch Einführung des Terrassenbaues erhöhen, sobald die abzubauende Felswand eine hiefür genügende Höhe erreicht hat. Würde der Einschnitt bei schwach ansteigendem Terrain zu lang werden oder würde die abzutragende Bodenart umfangreichere Absteifungen zur Sicherung gegen Nachrutsche nöthig machen, so empfiehlt es sich, statt des Einschnittes einen kleinen unterirdischen Stollen herzustellen. Falls kein lockeres Erdreich vorhanden ist, wird man am zweckmäßigsten zunächst den Steinbruch in einer angemessenen Entfernung vom Fuße der Erhebung trichterförmig anlegen und den Stollen erst herausarbeiten, wenn dieser Trichter bis zu einer größeren Tiefe ausgehoben.

Weil Einschnitt und Stollen zur Abführung des Wassers dienen, muß ihre Sohle ein genügendes Gefälle vom Steinbruch bis zum Transportwege (Bergrande) erhalten. Da durch sie aber auch die abgesprengten Steine herausgeschafft werden, so muß man ihre Sohle mit Karrdielen, beziehungsweise Arbeitsgeleisen belegen und dieselbe so hoch über dem Transportwege anordnen, daß die Verfrachtung der Steine ohne Schwierigkeiten vorgenommen werden kann.

3. Soll das Gestein **aus der Tiefe eines ebenen Terrains** gewonnen werden, so wird der Steinbruch in Gestalt eines Trichters angelegt, dessen oberer Durchmesser und Tiefe sich allmälich vergrößern. Da bei einer solchen Anlage alle abgesprengten Materialien bis auf die Oberfläche des Terrains gefördert werden müssen, so empfiehlt es sich, den Terrassenbau einzuführen, durch welchen eine Verminderung der Förderungshöhe für einen großen Theil der Materalien erreicht wird. Die Tiefe, bis zu welcher der Stein-

bruch hinuntergetrieben werden darf, richtet sich nach dem Wasserandrange, den Förderungskosten, den Grunderwerbskosten, der Mächtigkeit des Abraumes u. s. w. Stellen sich die Kosten für die Abführung des Wassers in Folge starken Andranges desselben sehr hoch oder wird die Förderung des Gesteins aus größerer Tiefe sehr theuer, so wird man den Steinbruch nur mäßig tief anlegen dürfen. Ist jedoch der Erwerb des dicht an den Steinbruch angrenzenden Terrains sehr kostspielig, so daß der obere Durchmesser des Steinbruches möglichst klein gehalten werden muß, oder besitzt der Abraum auf den angrenzenden Felsmassen eine größere Mächtigkeit, so daß sich die Kosten für die Wegräumung dieser unbrauchbaren Materialien unverhältnißmäßig hoch stellen, oder befindet sich in einer größeren Tiefe unter der Terrainoberfläche ein Gesteinsmaterial von besserer Qualität, so wird man selbst bei stärkerem Wasserandrange und erheblicheren Förderungskosten den Steinbruch bis zu einer größeren Tiefe hinabführen oder den unterirdischen Abbau einführen müssen.

---

§ 3. Die Anlage unterirdischer Steinbrüche.

Ist aus den im Vorhergehenden angeführten Gründen die Gewinnung des nutzbaren Gesteins durch einen offenen Steinbruch ohne große Schwierigkeiten und Kosten nicht ausführbar, so muß ein regelrecht bergmännischer Abbau eingerichtet werden.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, in den nachfolgenden Zeilen eine ausführliche Beschreibung dieser complicirten Anlage mit ihren vielen Variationen zu geben; es würde uns dies viel zu weit führen. Da, wie wir bereits bemerkten, zur Gewinnung von Baumaterialien, die vorzugsweise unsere Schrift be-

handelt, nur höchst selten unterirdische Steinbrüche angelegt werden, so dürfte für unseren Zweck wohl eine kurze Aufzählung der hauptsächlichsten Abbaumethoden genügen.

Die Aufschließung der Lagerstätte (Ausrichtung) erfolgt durch von Tage ausgehende, horizontale oder schwach geneigte, unter der Oberfläche meist verzweigte und bei nicht zusammenhängender Structur und ungleichmäßiger Festigkeit des Gesteins ausgemauerte oder ausgezimmerte Stollen meist hufeisen- oder eiförmigen Querschnittes, sowie durch rechteckige, regelmäßig vieleckige, elliptische, am besten aber kreisrunde, senkrechte (saigere) oder nach dem Berge zu einfallende (tonlägige) oder gebrochene (theils saigere, theils geneigte) Schachte, welche ebenfalls fast immer ausgemauert oder ausgezimmert werden müssen.

Die Stollen werden durch ein Tragwerk in zwei Theile getheilt. Der obere Theil dient zur Communication für die Bergleute (Befahrung), sowie zur Förderung der abgesprengten nutzbaren Mineralien. Die Förderung geschieht in Karren, Schlepptrögen, Hunden (d. h. in kleinen vierräderigen, durch Stoß zu bewegenden Gefäßen), Wagen (Lowrys) u. s. w. Letztere verlangen die Anlage eines schmalspurigen Arbeitsgeleises auf dem Tragewerke. Der untere Theil des Stollens dient zur Wasserabführung (daher sein Name Wassersaige), sowie zur Wetter-Zu- und Abführung.

Bei den Schachten unterscheidet man Fahr-, Förder-, Wetter- oder Luft-, Wasser- oder Maschinenschachte u. s. w., je nachdem die Schachte zur Communication für die Bergleute, zum Transport des nutzbaren Gesteins, zur Ab- und Zuführung der Luft, zur Ableitung des Wassers, u. s. w. bestimmt sind. Meistens ist der Fahrschacht zugleich auch Förderschacht. Dient ein Schacht gleichzeitig mehreren Zwecken, so nennt man ihn Hauptschacht.

Ganz verschieden von den Stollen und Schachten, die, wenn sie zur Aufsuchung und Untersuchung der Lagerstätte getrieben werden, Versuchsbaue, im anderen Falle Hilfsbaue darstellen, sind die Abbaue, bei denen vorzugsweise folgende Methoden zur Ausführung kommen:

1. Der Strossenbau, welcher hauptsächlich auf einer stark fallenden Gangmasse mit einer Mächtigkeit bis zu 10 *m* betrieben wird. Die Herausarbeitung des Gesteins erfolgt bei dieser Abbaumethode zwischen zwei Strecken (Stollen) von oben nach unten, so daß der ganze Abbau das Ansehen einer mächtigen Treppe erhält.

2. Der Försten- oder Firstenbau, welcher besonders bei steil fallender Lagerstätte der Gangmassen angewendet wird. Er bildet die Umkehrung des Strossenbaues, besitzt jedoch vor demselben mannigfache Vorzüge und gleicht in seinem Aussehen der Rückseite einer großartigen Treppe.

3. Der Querbau, der am besten bei mächtigen Lagern und Flötzen mit starkem Falle und auf stockförmigen Massen zur Ausführung kommt. Bei ihm wird von einem im Nebengestein abgeteuften Förderschachte aus eine Strecke im Streichen am Liegenden der Lagerstätte getrieben (Förderstrecke), das auszuarbeitende Quartier (das sogenannte Bergmittel) in mehrere, horizontal über einander liegende, lachterhohe Stöcke getheilt und hierauf der Abbau abtheilungsweise, und zwar von unten nach oben mittelst rechtwinkelig von der Förderstrecke nach dem Hangenden der Lagerstätte geführter Querstrossen oder Oerter von 1·88 bis 2·83 *m* Breite ausgeführt.

4. Der Strebebau, welcher bei geringmächtigen, höchstens 1·0 bis 1·25 *m* dicken, flachfallenden oder söhlig fortlaufenden Flötzen und Lagern mit gutem Nebengestein — besonders bei [illegible]fer, aber auch bei Steinkohlen und Bleierzen — an[illegible]wird. Bei ihm werden die einzelnen Streben (Quar-

tiere), in welche das Arbeitsfeld eingetheilt wird, söhlig umfahren, wobei der Häuer wegen des beschränkten Raumes meist in liegender Stellung arbeiten muß. Es stellen die eigentlichen Streben demnach liegende Strossen dar. Der Abbau — streichend oder schwebend — schreitet hier auf einer größeren Fläche gleichzeitig, nicht stückweise fort.

5. Der **Pfeilerbau**, welcher bei plattenförmigen Lagerstätten mittlerer Mächtigkeit, am häufigsten bei Steinkohlenflötzen ausgeführt wird. Das Baufeld wird durch Abbaustrecken in parallelepipedische Streifen getheilt und der Abbau der Pfeiler je nach der Lage der Ablösungsklüfte in der Lagerstätte und nach dem Fallen in schwebenden (nur bis zu 30° Fallen statthaft) oder streichenden Abschnitten und bankweise vorgenommen.

6. Der **Stockwerksbau**, der auf mächtigen Gängen und stockförmigen Lagerstätten sowie auf großen Erznieren betrieben wird. Von dem Hauptschachte werden in Tiefen von 20 zu 20 *m* Querschläge in das Stockwerk bis an eine abbauwürdige Gesteinsmasse getrieben und letztere hereingenommen, wobei eine Weite von 12 bis 15 *m* hergestellt und je nach der Abbauwürdigkeit ausgedehnt wird. Hierauf wird in derselben Sohle in anderer Richtung fortgegangen, bis man auf ein neues Mittel stößt, das dann ebenso abgebaut wird, u. s. f. Ist auf diese Weise eine Etage nach nutzbaren Materialien ganz abgesucht worden, so wird 20 *m* tiefer eine neue Etage begonnen.

7. Der **Weitungs**- oder **Kammerbau**, der bei sehr großen, bedeutend standhaften, im Ganzen abbauwürdigen Massen, die rein auszugewinnen sind, bei mächtigen Gängen, Eisenstein- und Bleierzstöcken, Steinsalzlagern u. s. w. angewendet wird. Der Kammerbau hat Aehnlichkeit mit dem Stockwerksbau, nur werden bei ihm in größerer Regelmäßigkeit weitere

Kammern oder Gewölbe hergestellt und mächtigere Stücke gewonnen.

Zu erwähnen sind noch der **Etagenbruchbau**, welcher dem Pfeilerbau ähnlich ist, und der unzweckmäßige **Würfelbau**, bei welchem die Hälfte des Materiales unbenutzt bleibt.

Bei den unter 1 bis 4 genannten Abbaumethoden findet **Bergeversatz** statt, d. h. die ausgehauenen Räume werden theilweise oder ganz mit vorräthigen, beim Betriebe gewonnenen nutzlosen Steinstücken (**Bergen**) ausgesetzt.*)

§ 4. Eintheilung der Gewinnungsarbeiten.

Die Gewinnungsarbeiten werden in folgende Hauptabtheilungen gebracht:

1. **Wegfüllarbeit.**
2. **Keilhauenarbeit.**
3. **Schlägel- und Eisenarbeit.**
4. **Hereintreibearbeit.**
5. **Sprengarbeit** oder **Bohr- und Schießarbeit.**

§ 5. Die Wegfüllarbeit.

Die Arbeit des Wegfüllens findet Anwendung bei rolligem und schüttigem Gestein, also bei Dammerde, Seifengebirge, Sand, Grus u. s. w. Sie umfaßt demnach die gewöhnliche Erdarbeit, das Gewinnen von stechbarem Boden, die ganze oder theilweise Beseitigung des Abraumes. Das

...essenten diene zur näheren Orientirung über die Anlage ... Steinbrüche unsre Quelle: „Leitfaden zur Bergbau- ... vom Berghauptmann Dr. Serlo, Berlin, 2. Auflage. ...inger.)

Gezähe, welches bei dieser Arbeit benutzt wird, besteht aus Schaufel, Spaten, Schippe, Kratze, Bergtrog, zweizinkiger Gabel, vierzinkigem, rechenartig gestaltetem Kräl u. s. w.

Gartenerde, feiner Sand, Dammerde, Moorboden, lockerer Lehm und ähnliche Bodenarten werden

Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.



mit der Schaufel (Figur 2) gelöst, die ein muldenförmiges Blatt mit flachem Boden und etwas aufgebogenen Rändern an einem langen, gekrümmten Stiel besitzt.

Stark mit Lehm vermischter, jedoch nicht steiniger Boden (sogenannter Stichboden) oder sehr verwurzelter Boden wird mit dem Spaten (Grabscheit, Figur 3)

gestochen, welcher ein flaches, mit scharfer, widerstandsfähiger, verstählter, gerader oder spitzzulaufender oder abgerundeter Schneide versehenes oder besser ganz aus Stahl bestehendes Blatt besitzt. Dasselbe ist etwa 25 bis 30 *cm* lang und 13 bis 18 *cm* breit, wird meist nach unten zu schmäler und ist an einem gekrümmten, 3 *cm* starken und 80 bis 100 *cm* langen, am besten aus Eichenholz bestehenden Stiel befestigt.

Für diese und ähnliche Bodenarten eignet sich auch die sogenannte schlesische Schippe (Figur 4), deren Stiel und das mit eisernen oder stählernen Schienen beschlagene Blatt aus einem einzigen Holzstück bestehen.

Hohe Wände, auch Kies, sandiger Lehm und Thon werden zweckmäßig durch runde, spitz zulaufende, in Entfernungen von 1 bis 2 *m* anzuordnende und mit hölzernen Schlägeln einzutreibende Holzkeile gelockert.

Schlammiger Boden muß durch die Schlamm- oder Fangschaufel entfernt werden

u. s. w.

Das Lösen der lockeren Dammerde und des Sandes erfordert 0·6 bis 0·7, die des sandigen Lehms und Thons 1·0 bis 1·25 Arbeitsstunden pro 1 m^3.

---

§ 6. Die Keilhauenarbeit.

Die reine Keilhauenarbeit aus dem Ganzen kann nur auf weichem und mildem Gestein vorkommen, also auf Gerölle, Thon, Lehm, Mergel, Gyps, Steinsalz, lettigem Schiefer, verwittertem und mürbem Gestein (Gems, Schwarte) u. s. w.

Fetter, theilweise erhärteter Lehm und Thon, Schotter, nicht zu nasser Torfboden werden mit der

Platt- oder Breithacke (Lettenhacke, Rodehaue, Figur 5) gelöst, die ein aus gut geschmiedetem, zähem Holzkohleneisen gefertigtes, 28 bis 38 *cm* langes, breitschneidiges Blatt besitzt, durch dessen Oehr oder Auge der gerade, 60 bis 100 *cm* lange, aus Hartholz bestehende, elliptisch-runde Stiel oder Helm

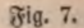


Fig. 5.

Fig. 6.

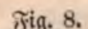
gesteckt wird. **Bergschutt, grober Schotter, Steingerölle, erhärtete Lehmerde, feuchte Thonerde** lockert man mit der **Kreuz- oder Keilhaue** (Krampe, Figur 6), deren Blatt aus Schmiedeisen mit verstählter Schneide oder besser ganz aus Gußstahl besteht, auf einer Seite eine Spitze, auf der anderen eine 7·5 *cm* breite Schneide besitzt, von der Spitze

bis zur Schneide eine Länge von 40 bis 50 *cm* hat, in der Mitte (in der Richtung des Stieles) 5 *cm* hoch iſt, und mit dem Stiel 2·2 bis 3·5 *kg* wiegt. Statt ihrer benutzt man


Fig. 7.



auch für dieſe Bodenarten die einfache oder doppelte Spitzhaue (Figur 7), deren Blatt eine ſpitze Schneide beſitzt. Dieſe Spitzhaue eignet ſich auch zur Löſung feinzerklüfteten und verwitterten Geſteins und wird in neuerer Zeit mit abnehmbarem Blatt conſtruirt. Der Theil A B C D in Figur 7 liegt dann feſt auf dem Stiel (Helm); das Blatt wird mit einem Zapfen eingeſchoben und hinten mit einem Keil feſt angeſchloſſen. Dieſe Einrichtung hat den Vorzug, daß jeder Arbeiter nur einen oder wenige Helme nöthig hat und der Transport der ſtumpf gewordenen Blätter nach dem Orte, wo ſie geſchärft werden ſollen, erleichtert iſt.


Fig. 8.



Das Löſen von fettem Lehm und Thon erfordert 1·5 bis 2·0, das des feinzerklüfteten Geſteins und des Gerölls 2·5 bis 3·5 Arbeitsſtunden pro 1 m^3.

Bei feſterem Geſtein erſtreckt ſich die Keilhauenarbeit vorzugsweiſe auf die Herſtellung des Schrams und der Seitenſchlitze, alſo auf die Erzeugung rinnförmiger Ver-

tiefungen und Einkerbungen (Schrämarbeit). Die Keilhaue wird hierbei mit beiden Händen geführt und mit aller Kraft in das Gestein an einer bestimmten, vorher meistens durch leichtere Schläge bis zu einer gewissen Tiefe ausgearbeiteten Stelle — dem Oertchen — tief eingetrieben und darauf das Auflockern und Lösen der Felsmasse durch den hebelartig wirkenden Helm herbeigeführt.

Fig. 9.

Neben den bereits oben angeführten Keilhauen benutzt man auch zu dieser Arbeit den Schrämhammer (Spitzhammer, Knappeneisen, Figur 8), welcher ein der Spitzhaue ähnliches Blatt besitzt, dessen Nacken jedoch hammerartig verlängert ist. Der Schrämhammer wird nur mit einer Hand geführt und kann sowohl als Spitzhaue wie als Fäustel benutzt werden.

Fig. 10.



Gute Dienste beim Abstoßen und Lostrennen von Wänden, bei der Herstellung von Schlitzen u. s. w. leistet auch der in Figur 9 dargestellte Schrämspieß. In einigen Gegenden wird derselbe, an einer Kette frei hängend, vom Arbeiter gegen die Wand geschwungen. Soll der Schrämspieß zum Ausstechen von weicher Masse zwischen festem Gestein dienen, so erhält er ein lanzettförmiges Ende (Figur 10).

§ 7. Die Schlägel- und Eisenarbeit.

Bei gebrächem oder geschmeidigem Gestein, also bei weicheren Kalk- und Sandsteinen, Kupferschiefer, festem Gyps, Schieferthon, verwittertem und weichem Granit, Gneiß, Porphyr, Thonstein und manchen Thonschiefergesteinen wird zur Herstellung der Schräme und Schlitze, aber auch zum Wegspitzen (Glätten) u. s. w. die Schlägel- oder Eisenarbeit angewendet.

Fig. 11.

Man benutzt hierzu als Gezähe das Eisen, den Schlägel, das Haueisen oder Schräm- und Schlitzmaschinen.

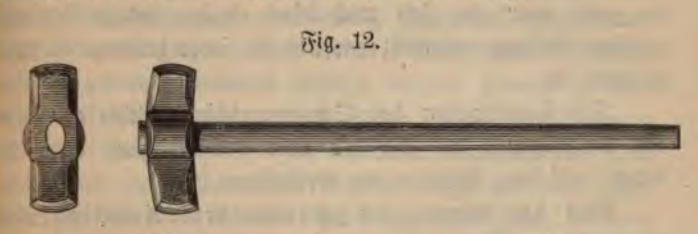
Das Eisen (Bergeisen, Figur 11) ist ein 10 bis 20 *cm* langes, 4 bis 5 cm^2 starkes, entweder ganz aus Stahl gefertigtes oder auch aus Schmiedeisen bestehendes, meist spitzes, jedoch auch breitschneidiges Gezähe, das in der Mitte ein Auge besitzt, durch welches ein kurzer Helm aus zähem Eichen- oder Haselholz nur dann gesteckt wird, wenn das Eisen gleich der Keilhaue zum Auflockern und Lostrennen der Gesteinsmassen benutzt werden soll.

Mit Helm wird das Eisen: Locheisen, Sumpfeisen, Wassereisen, auch Helmeisen genannt.

Bei der Herstelluug der Einkerbungen und Schlitze wird die Spitze oder Schneide des Eisens, das Oertchen, angenäßt und hierauf mit der linken Hand vom Arbeiter an das Gestein angesetzt. Das Eintreiben in den Fels geschieht durch kräftiges Schlagen auf die Bahn des Eisens (die der Spitze gegenüberliegende Fläche) vermittelst des Schlägels oder Fäustels (Handfäustels, Figur 12), welcher mit dem rechten Arm geführt wird. Er besteht aus einem 15 bis 18 *cm* gen und etwa 5 *cm* starken Eisenstück, das in der Mitte

ein Auge zur Aufnahme des circa 45 *cm* langen Helmes besitzt und entweder ganz aus Stahl besteht oder aus Schmiedeisen hergestellt und dann mit zwei sehr gut verstählten Bahnen ausgestattet ist. Der Fäustel wiegt 3 bis 5 *kg*.

Fig. 12.



Durch Eisen und Schlägel werden die Gesteinsmassen streifenweise abgesprengt, und diese Arbeit ist genauer und erfolgreicher als die Keilhauenarbeit, weil man die Schneide des helmlosen Eisens stets richtig ansetzen kann.

Da in harten Gesteinen die Werkzeuge sehr bald ihre Schärfen verlieren und unbrauchbar werden, so führt der Steinbrecher eine größere Anzahl gut geschärfter Eisen bei sich, die an dem sogenannten Eisenriemen (Figur 13) befestigt sind.

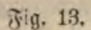


Fig. 13.



Zu erwähnen ist noch das Haueisen, ein kleiner Schrämhammer, welcher zum Abspitzen von Felsstücken dient, die härter als die Gesteine für die Keilhauenarbeit und weicher als die für die Eisen- und Schlägelarbeit sind.

In neuerer Zeit ist auf mehreren Steinbrüchen die Herstellung der Schräme und Schlitze durch Maschinenarbeit

versucht worden. Von den Schräm- und Schlitzmaschinen, welche in den mannigfachsten Constructionen in den Handel gekommen sind, haben sich zwar einige, nur für eine bestimmte Gruppe von Gesteinen dienende Maschinen ganz gut bewährt, es giebt aber zur Zeit noch keine einzige, welche sich allgemeine Geltung verschafft hat und für jedes beliebige Gestein geeignet ist.

Die Construction der Schrämmaschinen bildet entweder eine Nachahmung des Meißels oder der Keilhaue oder sie beruht auf dem Principe der Kreissäge.

Von den ersteren, mit schneidendem Arbeitszeuge eingerichteten Maschinen, bei denen das Schrämeisen aus einem System von Meißeln besteht, sind die von Wardwell, Carett Marshall & Comp., Gillot und Copley, Rothery, Frederick Hurd & Comp., Gledhill u. A. mit mehr oder weniger Erfolg hauptsächlich auf amerikanischen Steinbrüchen verwendet worden.

So z. B. hat in den Vereinigten Staaten Nordamerikas die Wardwell'sche Schrämmaschine, welche von der Steam-stone cutter company Ruttland Vermont gebaut wird, eine — wie versichert wird — ziemlich große Verbreitung gefunden. Mit dieser, aus einer auf Schienen fahrbaren Locomobile mit horizontal liegendem Kessel bestehenden Maschine können Blöcke von gewaltigen Dimensionen gewonnen werden, da sie von der geebneten horizontalen Oberfläche aus gerade verticale Schlitze bis zu 1·8 *m* im Felsen herzustellen vermag. Ein von der Schwungradswelle in Bewegung gesetzter starker Hebel überträgt die Bewegung mittelst einer starken Zwischenlage von Kautschuk auf lange, am Vorderende der Locomobile in verticalen Führungen sitzende Meißel, welche in der Minute 150 Stöße ausüben, wodurch je nach der Härte der Felsmassen ein Schram von 12 bis 25 *mm* erzielt wird. Die

Locomobile wird hierbei durch Räderwerk um 1·8 *m* in der Minute langsam vorwärts bewegt.*)

In einem Sandsteinbruche bei Marcoussis im Südosten von Paris werden durch einen, unten die Gestalt eines Stoßmeißels besitzenden, circa 600 *kg* schweren Dampfhammer nach Belieben größere oder kleinere Blöcke von der Felsmasse abgetrennt, wodurch jährlich 20.000 Francs an Gewinnungskosten erspart werden sollen. Der Dampfhammer ruht auf einem Gerüst, das sich auf einem Laufkrahn von 18 *m* Spannweite verschieben läßt. Letzterer liegt mit dem einen Ende auf dem vom Abraum bereits befreiten Fels, mit dem anderen auf einer aus Steintrümmern erbauten Mauer auf und ist auf Eisenschienen in der Längenrichtung des Steinbruches verschiebbar. Zur Verschiebung des ganzen Apparates, zum Betriebe des Dampfhammers und zur Fortbewegung der Förderungswagen ist eine Dampfmaschine von 4 Pferdekräften erforderlich.**)

Die mit hauendem Arbeitszeug ausgestatteten, eine Nachahmung der Keilhaue bildenden Maschinen werden nur von wenigen Maschinenfabriken gebaut; wir erwähnen die Schrämmaschine von Firth und Douisthorpe und Grafton Jones.

Bei den Schrämmaschinen des dritten Systems ist der Umfang der Scheiben mit Stahlmeißeln oder mit schwarzen Diamanten besetzt. Mit einer solchen von Macdermott und Comp. construirten Maschine werden z. B. in Chicago Sandsteine abgebaut und in Quader zerschnitten und zwar mit

*) Engineering 1876, S. 276; Dingler's polytechnisches Journal 1878, B. 228, S. 512, Bd. 229.

**) Spangin-Reibelle „Programm au Resumé des Leçons d'un cours des Constructions", I. Theil (Matériaux de Construction), Paris 1867.

geringeren Kosten, als die Gewinnung und Bearbeitung durch die Hand des Arbeiters dortselbst erfordern.

Von Graciosi ist auf den Travertinbrüchen von Ribibia bei Rom eine sehr sinnreich erdachte Maschine in Betrieb gesetzt worden, welche aus einer mit vier Kreissägen ausgestatteten Locomobile besteht, die aus der Gesteinsmasse fertige Quader in den dort üblichen Größen rein herausschneidet. Eine ausführliche Beschreibung dieser Maschine findet der Leser im Kapitel „Bearbeitung der natürlichen Gesteine“.

Es wäre im Interesse der Rentabilität der Steinbrüche sehr zu wünschen, daß baldigst eine Vervollkommnung dieser, billiger als Menschenkraft arbeitenden Maschinen erzielt würde.

---

§ 8. Hereintreibearbeit.

Das Losbrechen der Felsmassen — die sogenannte Hereintreibearbeit — kann in verschiedener Weise bewerkstelligt werden, und zwar durch Abbrechen, Zermalmen, Spalten, Feuersetzen, Bohren und Schießen.

1. Das Abbrechen.

Das Abbrechen kann geschehen durch das eigene Gewicht, durch Brechstangen oder Maschinen.

Im ersten Falle werden große Felsstücke durch einen Schram so tief unterfahren, daß sie sich durch ihre eigene Schwere von der Hauptmasse ablösen müssen.

Im zweiten Falle werden in die natürlichen Risse und Spalten des Gesteins, beziehungsweise in die eingearbeiteten [...]äme, Schlitze oder Einkerbungen runde, 3 bis 5 cm [u]nd 100 bis 150 cm lange, an dem einen Ende vier-

oder achtkantig verdickte und schräg abgeschnittene, an dem anderen Ende zugeschärfte oder abgebogene und dann klauenartig gespaltene Brechstangen (Brecheisen, Geißfüße, Figur 14) eingesteckt und die Felsmassen durch Aufwuchten gelöst. Man benutzt aber auch die Brechstange zum sogenannten Be-



Fig. 14.

Fig. 15.

räumen, d. h. zur Beseitigung der (nach dem Schießen und Feuersetzen) noch sitzen gebliebenen Gesteinsmassen.

Endlich kann auch das Abbrechen durch Maschinen erfolgen, die gewöhnlich so eingerichtet sind, daß sie nicht nur zur Herstellung von Schrämen und Schlitzen, sondern auch zum Spalten benutzt werden können. Mit solchen Maschinen lassen sich unter Umständen bedeutende Ersparnisse

erzielen. Wir haben auf sie bereits im § 7 aufmerksam emacht und verweisen noch auf das Capitel: Die „**Bearbeitung der natürlichen Gesteine**".

2. Das Zermalmen, Zertrümmern.

Es geschieht durch kräftige Schläge mit einem stumpfen Werkzeug, dem **Berghammer**, der die Gestalt des Schrämhammers (siehe Figur 8) besitzt, jedoch stärker als dieser ist.

Das Zertrümmern von ausgehendem Gestein als Vorarbeit für das Spalten durch Aufhieb mit der Spitzhaue oder zur leichten Abspitzung bei der Schlägel- und Eisenarbeit nennt man „Frischen".

3. Das Spalten.

Das Spalten erfolgt durch Eintreiben von Keilen und Fimmeln, durch Pflockſetzen, durch Ansatz von Schrauben durch Aufhieb mit der Spitzhaue, durch Benutzung von Wasser u. s. w.

A. Das Keilsprengen.

In die natürlichen Absonderungen, Risse oder Klüfte oder, wenn solche nicht vorhanden sind, in künstlich hergestellte, 3 *cm* breite und 7 bis 8 *cm* tiefe, zugespitzte Rinnen oder bei unregelmäßig brechenden Gesteinen in Schräme und Schlitze werden in geeigneten, von der Härte und Zähigkeit der abzulösenden Gesteinsmasse abhängigen Entfernungen je nach der Gesteinsbeschaffenheit 15 bis 25 *cm* lange, 4 bis 8 *cm* breite und oben 2·5 bis 8 *cm* dicke, „stumpfe" oder „geschleifige", am Rücken und an der Spitze gut verstählte, [illegible]anz aus Stahl bestehende **Keile** (Figur 15) mit [illegible]hsatz u. s. w. eingesetzt und durch abwechselnd auf sie [illegible]angs mäßige, später kräftige Schläge mit dem

Fig. 16.

4 bis 8 *kg* schweren Treibfäustel (Schlage, siehe Figur 12) niedergetrieben. Dieser Hammer muß aus bestem Materiale, womöglich aus Gußstahl gefertigt sein und in der Mitte ein sorgfältig ausgearbeitetes ovales Auge zur Aufnahme des Stieles besitzen, weil rechteckige oder quadratische, nachlässig gearbeitete Löcher das Reißen und Zerspringen dieses stark in Anspruch genommenen Fäustels befördern. Der Rücken der Keile erhält, wenn sie in weiches Gestein eingetrieben werden sollen, zumeist durch Umschweißen eines eisernen Ringes eine Verstärkung, um sogenannte „Straubenbildung" zu verhüten.

Das Spalten mittelst eiserner Keile gewährt eine Lostrennung des Gesteins in der gewünschten Weise, sofern das Gestein nicht bereits Haarrisse enthielt und zerklüftet war, und es wird gewöhnlich angewendet, wenn es sich um die Gewinnung regelmäßig gestalteter Blöcke handelt. In diesem Falle muß das Felsstück durch Schräme oder natürliche Absonderungen bereits bis auf eine Seite von der Hauptmasse abgetrennt sein. Bei dem Keilsprengen haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Methoden herausgebildet, nämlich:

a) Das Keilsprengen mit Holzsatz, bei welchem in den Schlitz zunächst Keile oder Pflöcke aus Rothbuchenholz eingeklemmt und alsdann auf diese eiserne Keile aufgesetzt und so lange eingetrieben werden, bis die Trennung erfolgt. Diese Methode wird vielfach in der Maingegend angewendet.

b) Das Keilsprengen mit Blechsatz. In den Schlitz werden keilförmig zusammengebogene Eisenblechstreifen von etwas die Keile überragender Breite gesetzt und in diese eiserne Keile getrieben. (Figur 16.) Erfolgt noch keine Trennung, wenn die Keile bereits bis zum Kopf eingeschlagen sind, so werden neben die Keile mehrere Blechsätze eingeführt. Hierdurch wird die Spalte allmählich erweitert und endlich der Stein abgelöst. Die Reibung zwischen Keil und Blechsatz, welche

das Eintreiben der Keile erschwert, kann durch geeignete Schmiermittel vermindert werden.

Durch das Keilsprengen mit Blechsatz, das besonders auch beim Zerspalten größerer Stücke aus sehr hartem Gestein mit gleichmäßigem Korn Anwendung findet, wird der Widerstand des Gesteins gegen den Druck der Keile vergrößert und das Eintreiben der letzteren erleichtert.

c) Das Keilsprengen mit Metallfedern (englische Methode). In der Richtung der Spaltungslinie werden in Abständen von 1·5 bis 2·5 *m* etwa 25 *cm* tiefe Löcher in den Fels gebohrt, in diese je zwei genau schließende Metallfedern eingesetzt und zwischen dieselben die eisernen Keile eingetrieben.

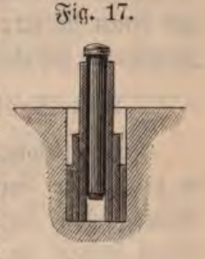
d) Die italienische Methode des Keilsprengens. Bei dieser Methode wird längs der Bergwand ein etwa 50 *cm* breiter Schlitz ausgearbeitet. Sobald dies geschehen, werden in die nicht unterschrämte Sohle des abzulösenden Feldstückes flache Keile eingetrieben, welche den Block um ein Geringes heben. Hierauf wird durch Einschlagen stärkerer Keile eine dem Lager entsprechende größere Spalte erzeugt, diese durch noch stärkere Keile erweitert und so fort, bis der Stein durch Hebung abgelöst ist. Alsdann werden in diese Spalte eiserne Kugeln geschoben und hierauf die Keile losgeschlagen: der abgelöste Block läuft dann auf diesen Kugeln leicht von seinem Lager ab.*)

e) Das Rundkeilen, das in neuerer Zeit in Schweden angewendet wird. In Abständen von etwa 20 *cm* werden runde Löcher gebohrt und in dieselben gekrümmte Blechstreifen von verschiedener Länge fernrohrartig eingeschoben, und zwar so, daß die kürzesten Streifen an der Wandung des Bohrloches liegen. Hierauf werden nahezu cylinderförmige Stah

*) Hauenschild, a. a. O. S. 157.

keile eingetrieben. Diese Methode hat vor mancher anderen den Vorzug der sichereren Trennung, da die größten Pressungen nicht wie bei jenen den abbröckelnden Rand des Schlitzes oder Schrams, sondern die tiefsten Stellen des Bohrloches treffen. (Figur 17.) *).

Fig. 17.



Bei geschichteten Gesteinen ist es vortheilhaft, den Spalt parallel der Schichtungsfläche durch Keilsprengen herzustellen. Manchmal empfiehlt sich aber auch die Spaltung quer über der Schichtung oder über dem „Horn". Jedenfalls muß stets auf die vorhandene Schichtung des Gesteines und auch auf die freie Seite, nach welcher der Abbruch stattfinden soll, Rücksicht genommen werden.

B. Das Pflocksetzen oder Pflocksprengen.

Beim Pflocksetzen wird statt des Schrams an der Bergwand eine Reihe, in Entfernungen von etwa 30 *cm* neben einander stehender Löcher von circa 10 *cm* Weite und 30 (und mehr) *cm* Tiefe in den Felsen gebohrt, wenn die übrigen Seiten des abzutrennenden Blockes bereits durch Schräme oder durch natürliche Klüfte und Spalten von der Hauptmasse getrennt sind. In diese Löcher werden sehr stark getrocknete Weidenholzkeile oder abgedrehte Weidenholzcylinder fest eingetrieben, häufig auch noch gespalten und durch Keile angetrieben, so daß die Bohrlöcher von dem Holze ganz ausgefüllt sind. Hierauf werden sämmtliche Hölzer zu gleicher Zeit mit heißem Wasser bis zur vollständigen Tränkung begossen. Die infolge des begierig aufgesogenen Wassers

*) Karmarsch' und Herren's techn. Wörterbuch, III. Aufl. Band VIII, S. 454.

stark aufquellenden Holzstücke lösen den Stein in der vorgeschriebenen Linie ab.

Das Pflocksetzen war bereits den alten Aegyptern bekannt, welche die oft sehr festen, harten und gewaltigen Blöcke, aus denen sie ihre Obelisken u. s. w. meißelten, mit Hilfe getrockneter Holzkeile und Wasser absprengten.

C. Das Spalten durch Ansatz von Schrauben.

In die Bohrlöcher werden Holzcylinder eingesetzt, die in der Mitte durchbohrt sind. In diese Durchbohrungen schraubt man kegelförmige Stahlschrauben mit Hilfe eines langen Hebels ein, wodurch ein Absprengen des Blockes bewirkt wird.

Diese Methode empfiehlt sich besonders da, wo viele freie Flächen vorkommen.

D. Das Spalten durch Eintreiben von Fimmeln.

Der Fimmel (Figur 18) ist ein 15 bis 35 *cm* langer, in der Mitte 3 bis 7 *cm* starker Eisenkeil in Gestalt einer vierseitigen Pyramide. Oft ist er mit einem Stiel versehen. Es wird im Gestein zunächst ein Riß hergestellt und in diesen

Fig. 18.



hierauf der Fimmel eingetrieben. Diese Methode findet hauptsächlich Anwendung bei der Arbeit auf dem „Ganzen“ oder „Frischen“ und wenn wenig freie Flächen vorhanden sind.

E. Das Spalten durch Aufhieb mit der Spitzhaue.

Dasselbe ist von uns bereits im § 6 näher beschrieben worden.

F. Das Spalten mit Benutzung von Wasser.

Diese Methode kann nur im Winter angewendet werden. Nachdem das Felsstück bis auf eine Fläche bereits von seinem natürlichen Verbande durch Unterschrämen u. s. w. gelöst ist, wird in künstlich hergestellte Löcher, beziehungsweise in die natürlichen Risse und Klüfte Wasser eingegossen oder Schnee fest eingestampft. Beim Gefrieren vergrößert bekanntlich das Wasser, beziehungsweise der Schnee, sein Volumen und die hierbei auftretende Kraft sprengt das Felsstück ab.

Zu erwähnen ist auch noch die Benutzung des Wassers in seiner auflösenden Kraft in Salzbergwerken zur Bildung von Salzsohlen in Bohrlöchern, Sinkwerken oder in Spritzwerken, ferner im Erzbergbau, wenn die Erze in einem lehmigen oder sandigen Mittel eingebettet liegen, u. s. w.

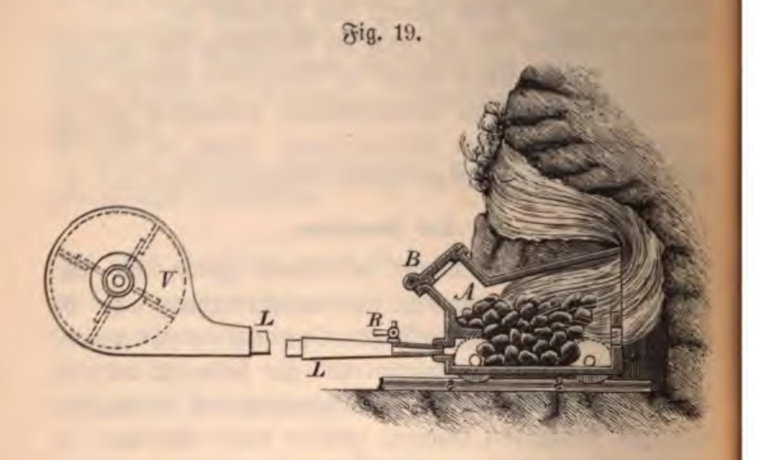
4. Das Feuersetzen.

Das Feuersetzen, welches in früheren Zeiten eine sehr beliebte und weit verbreitete Gewinnungsmethode war, ist durch das billigere und wirksamere Sprengen mittelst Pulver oder Dynamit verdrängt worden und gilt heute für veraltet. Nur bei sehr festem, großen Zusammenhang und wenig Zerklüftungen besitzendem Gestein, welches beim Sprengen in kurze Stücke zerspringt und dem Eindringen scharfer Werkzeuge einen sehr großen Widerstand entgegensetzt, wie z. B. Quarz, fester Granit, Syenit, Basalt, Grünstein u. s. w., läßt sich die Arbeit mit Feuersetzen empfehlen, besonders aber beim Niederbringen überhängender Felsmassen. Sie besitzt den Nachtheil, daß sie die Härte des Gesteins wesentlich vermindert und ist deshalb zur Gewinnung von Bausteinen nicht gut anwendbar.

Bei diesem Verfahren werden durch Erhitzung des Gesteines durch breite Roste, welche mit 1 Klafter Holz (und auch mehr)

beschickt, oben und an beiden Seiten dachförmig mit starken Eisenblechtafeln überbaut und an der Vorder- und Hinterseite offen sind, nach einer Seite hin in dem Felsstück ungleiche Spannungen erzeugt und das in den Zwischenräumen etwa vorhandene Wasser verflüchtigt, wodurch schließlich das Felsstück zerspringt. Zur Erhöhung des Arbeitseffectes wird der erhitzte Fels gewöhnlich durch kräftige Hammerschläge, durch plötzliche Abkühlung mittelst Zuführung von kaltem Wasser und durch

Fig. 19.



Brechstangen gelockert. Soll das Absprengen zur Gewinnung regelmäßig gestalteter Blöcke nach einer bestimmten Linie erfolgen, so schnellt man nach dieser eine nasse Bogensehne.

In neuerer Zeit wurde von Huyon in den Steinbrüchen von Challanges in Frankreich einen Gebläseapparat in Betrieb gesetzt, welcher eine so intensive Flamme erzeugte, daß selbst das allerfesteste Gestein zersprang. Mit diesem Apparat soll in einem Zeitraume von 55 Stunden eine 1·2 *m* breite, Strecke um 1·5 *m* „erlängt“ worden sein, eine

rbeitsleistung, die bei der gewöhnlichen Gewinnung mittelst
andarbeit sonst von zwei Arbeitern in einem Monate ver-
chtet wurde.

Dieser Huyon'sche Gebläseapparat ist in Challanges
och immer in Gebrauch. Er besteht aus einem, auf
chienen fahrbaren Ofen A (Figur 19*), welcher durch die
euerthür B mit dem Brennmaterial (gewöhnlich Steinkohle)
schickt wird. Von diesem Ofen aus geht ein bei R regulir-
ares Luftzuführungsrohr L nach einem Ventilator V, welcher
is zur Unterhaltung der Verbrennung und zum Hintreiben
er Flamme auf das abzutrennende Felsstück nothwendige
uftquantum erzeugt.

Das Feuersetzen ist noch heute gebräuchlich in einigen
hwedischen und norwegischen Bergwerken, z. B. in Falun
id Dannemora, ferner zu Altenberg, Geyer und Ehren-
iedersdorf in Sachsen, im Rammelsberge bei Goslar, zu
elsjöbanya u. s. w.

---

5. Die Bohr- und Schießarbeit (Sprengarbeit).

§ 9. Die Sprengstoffe und ihre Wirkung.

Die angeblich von Martin Weigelt (oder Weigolt)
Freiburg im Jahre 1613 erfundene, seit 1632 in Claus-
al und seit 1643 in Sachsen eingeführte Sprengarbeit ist
ir feste und sehr feste Gesteine die wichtigste und meist
npfehlenswertheste Gewinnungsmethode. Zur Gewinnung
on regelmäßigen Quadern wird jedoch die Sprengarbeit
ır in beschränktem Maße angewendet werden können,

*) Gottgetreu, a. a. O. S. 171.

namentlich wenn das Gestein (wie z. B. Marmor) einen hohen Werth besitzt.

Häufig erscheint in den Steinbrüchen eine Sprengung mit Pulver oder Dynamit nur an solchen Stellen empfehlenswerth, wo das Gestein verwachsen ist und daher nicht ohne Schwierigkeiten durch Keile u. s. w. gehoben und gespalten werden kann, oder wo die Schichtung schwer zugänglich ist.

Die Sprengstoffe können eingetheilt werden in sehr brisante, bei denen selbst größere Mengen fast augenblicklich zu voller Explosion gelangen, und in wenig brisante, bei welchen die Fortpflanzung der Explosion durch die ganze Sprengmasse langsamer erfolgt. Zu den ersteren rechnet man z. B. Dynamit, Sprenggelatine und Dualin, zu den letzteren z. B. das gewöhnliche Schwarzpulver.

Das **Pulver** besteht aus einer Mischung von Salpeter, Kohle und Schwefel. Das für die Praxis günstigste, weil eine sehr vollkommene Verbrennung sichernde Mischungsverhältniß ist:

75 Theile Salpeter, 10 Theile Kohle und
15 Theile Schwefel.

In einigen Ländern (z. B. in Frankreich) wird jedoch zu Gesteinssprengungen ein Pulver mit geringerem Salpetergehalt verwendet. Das französische Minen- oder Sprengpulver besteht aus 62 % Salpeter, 18 % Kohle und 20 % Schwefel. Man benutzt auch im Steinbruchbetriebe comprimirtes Sprengpulver, das wegen seiner größeren Dichtigkeit wirksamer als das ungepreßte körnige Pulver ist, sich jedoch wegen seiner steifen Form zur Verwendung in Bohrlöchern nicht recht eignet. Man glaubt auch die Sprengwi[illegible] des Pulvers erhöhen zu können durch einen Z[illegible] gespänen oder von gebranntem Kalkspath [illegible] 8 Unzen Kalkspath).

Das Schwarzpulver besitzt die Vortheile: gegen Stoß und Schlag wenig empfindlich, selbstthätigen Zersetzungen nicht unterworfen und verhältnißmäßig billig zu sein, dagegen die Nachtheile: langsam zu verbrennen*), starken Rauch zu entwickeln, im Wasser und im feuchten Zustande unwirksam zu sein und eine nur mäßige Sprengkraft zu besitzen, so daß zur Erzeugung einer annähernd gleichen Wirkung der besseren Sprengstoffe weitere Bohrlöcher und stärkere Ladungen erforderlich werden.**)

Das von A. Nobel erfundene **Dynamit** besteht aus Nitroglycerin und poröser Kieselguhr oder Infusorienerde (von Oberlohe bei Unterläß in Hannover). Das Nitroglycerin stellt eine hellgelbe, ölartige, geruchlose, giftige Flüssigkeit dar und wird durch Behandlung von Glycerin mit Salpetersäure unter Zusatz von Schwefelsäure gewonnen. Es ist eines der stärksten Explosivstoffe, das aber wegen seiner großen Empfindlichkeit gegen Schlag und Stoß namentlich für den Transport sehr gefährlich ist und deshalb im reinen Zustande wenig Verwendung findet. Vermischt mit Kieselguhr — oder auch mit Kreide, China-Clay, kohlensaurer Magnesia u. s. w. — wird das Nitroglycerin gegen mechanische Einwirkungen unempfindlicher, so daß es ohne Bedenken allen Erschütterungen des Transportes ausgesetzt werden kann, selbstverständlich verliert es aber durch diesen Aufsaugestoff an seiner

---

*) Nach J. Trauzl in Wien verbrennt 1 *kg* Schwarzpulver in einem Würfel von 10 *cm* Seite in $^1/_{100}$ Secunde, dagegen 1 *kg* Dynamit in einem Würfel von 9 *cm* Seite (Dynamit ist specifisch schwerer als Pulver) schon in $^1/_{50000}$ Secunde.

**) Denselben Effect, der durch 15 *cm* tiefe und 6 *cm* weite Bohrlöcher bei Verwendung von Pulver erzeugt wird, ruft z. B. Nitroglycerin in nur 3 *cm* weiten Bohrlöchern hervor.

brisanten Wirksamkeit und um so mehr, je größer dieser Zusatz ist.

Im Handel sind vier Dynamitsorten käuflich, nämlich:

Dynamit	Nr. I	mit 75 %	Nitroglycerin und	25 %	Kieselguhr
"	Nr. II	" 45 "	"	" 55 "	"
"	Nr. III	" 35 "	"	" 65 "	"
"	Nr. IV	" 25 "	"	" 75 "	"

deren zweckmäßigste Verwendung weiter unten angegeben ist.

Die Vortheile des Dynamites gegenüber dem Pulver liegen in der größeren Kraftentwickelung, die im festen und spröden Gestein beim Dynamit Nr. I 6- bis 7mal größer ist als beim gewöhnlichen Schwarzpulver, — in der kürzeren Zeit, in welcher das Dynamit zu voller Wirksamkeit gebracht werden kann, — in dem ungeschwächten Effect bei Sprengungen in feuchtem Gestein und unter Wasser (Dynamit vermischt sich nicht mit Wasser) und in der rauchlosen Verbrennung. Die Nachtheile sind besonders in dem höheren Anschaffungspreise (Dynamit ist 2- bis 3mal theurer als Pulver), in der Möglichkeit des Eintretens selbstthätiger Zersetzungen und in dem leichten Gefrieren zu suchen. Beim Sinken der Temperatur unter 8° C. erstarrt das Dynamit zu einer festen krystallinischen Masse; man ist dann gezwungen, es vor seiner Verwendung in geeigneter Weise aufzuthauen oder durch sehr starke Sprengkapseln oder durch besondere Zündpatronen zur Explosion zu bringen.

Von den vielen, in den letzten beiden Jahrzehnten erfundenen Sprengstoffen, die alle aufzuzählen hier nicht der Ort sein kann, weil sie eine größere Verbreitung im Steinbruchbetriebe bislang noch nicht gefunden haben, führen wir nur no[illegible] nggelatine und das Dualin an.

[illegible] **latine** oder **Sprenggallerte**, ebenfalls von [illegible]:n, besteht aus 92 % Nitroglycerin und

8% nitirter Baumwolle (sogenannter Collodiumwolle), hat eine ausgezeichnete Sprengwirkung (um etwa 30% höher als die des Dynamites), besitzt große Sicherheit gegen Stoßwirkungen, ist vom Wasser undurchdringlich und in demselben unveränderlich, explodirt jedoch nur bei Verwendung von ganz besonders kräftigen Zündpatronen (vornehmlich Dynamitpatronen). Ihre Benutzung empfiehlt sich in allen denjenigen Fällen, wo man auf einen gegen Schlag und Stoß unempfindlichen, zugleich aber auch brisanten Sprengstoff Werth legen muß. Setzt man der Sprenggelatine 4% Kampfer hinzu, so wird dadurch die Sicherheit derselben gegen Stoßwirkungen erhöht und auch eine Sicherheit gegen Schußwirkung erzielt, so daß sich eine solche Mischung besonders für Kriegszwecke eignet. Der Zusatz von Kampfer hat den Nachtheil, daß durch ihn die Schwierigkeit, den Sprengstoff zur Expoſion zu bringen, wächst.

Das **Dualin** von Dittmar in Charlottenburg stellt ein inniges Gemenge von Nitroglycerin und feinen, mit Salpeter getränkten Sägespänen in verschiedenen Mischungen (je nach der gewünschten Sprengwirkung) dar; es wird aber auch aus Cellulose, Nitrocellulose, Nitromannit und Nitroglycerin bereitet. Dieser Sprengstoff, welcher bei gleichen Gewichtsmengen fast dieselbe, bei gleichem Volumen jedoch nur die halbe Kraft entwickeln kann wie Dynamit Nr I, ist bei Frostwetter dem letzteren vorzuziehen, weil es in der Kälte keine Veränderungen erleidet.

Die Größe der von den Sprengstoffen bei ihrer Explosion verrichteten mechanischen Arbeit findet man theoretisch aus dem Producte der erzeugten Wärmemenge mit dem Arbeitswerthe einer Wärmeeinheit (= etwa 425 Meterkilogramm). Nach Berthelot entwickelt z. B. 1 *kg* Dynamit mit 75% Nitroglycerin etwa 1300 Wärmeeinheiten; es beträgt

daher die von diesem hervorgerufene theoretische mechanische Arbeit: 1300.425 = 552500 Meterkilogramm (nach Roux und Sarrau genauer = 548250 Meterkilogramm.) Praktisch kann jedoch von dieser mechanischen Arbeit nur ein geringer Theil wirklich ausgenutzt werden in Folge unvollständiger Verbrennung, Zusammenpressung und chemischer Umwandlung der Ladung, Abkühlung, Entweichen eines großen Theiles der Explosionsgase u. s. w. Der Arbeitsverlust, welcher von der Qualität der Sprengstoffe, von der Geschwindigkeit ihrer Verbrennung und von der Beschaffenheit des abzusprengenden Gesteines abhängt, wird von Ržiha für alle Sprengstoffe annähernd zu 86·29% angenommen. Es ist dies der beim Schießen aus Gewehren und Geschützen ermittelte Verlust. Nimmt man, weil anderweitige Untersuchungen in dieser Richtung nicht vorliegen, diesen Procentsatz auch für Gesteinssprengungen als zutreffend an, so ergiebt sich eine Nutzarbeit gleich 13·71% oder rund $^1/_7$ der theoretischen Arbeit. Nach Roux und Sarrau erhält man dann folgende, für 1 *kg* der betreffenden Sprengstoffe geltenden Werthe.

Tabelle I.

Sprengstoffe	Theoretische	Nützliche
	Arbeit in Meterkilogr.	
Sprengpulver mit 62% Salpeter . . .	242335	33224
Gutes Schießpulver	319982	43838
Dynamit mit 75% Nitroglycerin . . .	548250	75165
Sprenggelatine mit 92% Nitroglycerin .	766913	105144
Reines Nitroglycerin	794565	108935

Setzt man die nutzbare mechanische Arbeit von 1 *kg* gewöhnlichen Schießpulvers = 1, so ist hiernach die des guten Schießpulvers = 1·33, des Dynamites

Nr. I = 2·26, der Sprenggelatine = 3·17 und des reinen Nitroglycerin = 3·28.

Die Nutzarbeit setzt sich zusammen aus der Abtrennung, der Zertrümmerung und dem Fortschleudern des Gesteines; letzteres soll bei den Sprengarbeiten auf ein Minimum beschränkt werden.

Die Wirkung äußert sich bei den verschiedenen Sprengstoffen verschieden und hängt besonders von der Geschwindigkeit der Verbrennung der Explosivstoffe ab: sehr brisante rufen mehr ein Zertrümmern und Zerkleinern des Steins hervor und erzeugen unterhalb des Ladungsherdes einen Trichter, der z. B. bei einer zur Länge der Widerstandslinie oder Vorgabe (siehe weiter unten) in richtigem Verhältnisse stehenden Dynamitmine einen Radius gleich der Vorgaben-Länge besitzt; wenig brisante Sprengstoffe wirken mehr zerspaltend und stoßend und ihre Hauptwirkung äußert sich vorzugsweise oberhalb des Ladungsherdes. Wird z. B. auf eine 2 *cm* dicke Eisenplatte eine 5 *kg* schwere Ladung Pulver frei aufgelegt und diese langsam verbrennende Masse entzündet, so wird auf die Platte keine sichtbare Wirkung ausgeübt, während durch die Explosion eines frei aufgelegten, nur $^1/_2$ *kg* schweren, äußerst schnell verbrennenden Nitroglycerin-Präparates die Platte vollständig durchgeschlagen wird.

Die Wahl des Sprengstoffes richtet sich nach der Härte, Zähigkeit, Verspannung u. s. w. des Gesteines, nach dem beabsichtigten Zweck (ob z. B. größere Blöcke oder Werksteine abgesprengt werden sollen oder eine Zerkleinerung des Materials gewünscht wird), nach den Wasserverhältnissen (ob die Sprengung in trockenem oder feuchtem Gestein, über oder unter Wasser ausgeführt werden muß) u. s. w. Handelt es sich um die Gewinnung von Werksteinen für Hochbauten und

Kunstwerke, überhaupt von größeren Blöcken, oder um Sprengungen in weichem Gestein, so wird man — zumal bei trockener Arbeit — Sprengpulver oder schwächere Dynamitsorten (Nr. III und IV), und unter Wasser letztere oder auch Dualin mit Vortheil verwenden. Schwächere Dynamitsorten empfehlen sich auch bei Herstellung von Tunnels und weiten Einschnitten und bei Anlage sogenannter Riesenminen zur Gewinnung sehr großer Massen, weil ihre Wirkung eine mehr stoßende ist, sie nur in unmittelbarer Nähe des Minenherdes brechen, aber das Gestein auf größere Entfernungen hin nach den offenen Lagern trennen. In neuerer Zeit wird im Tunnelbau jedoch auch die Sprenggelatine häufiger verwendet.

Zum Absprengen von festem Gestein mit größerer Anbruchsfläche eignet sich besonders das Dynamit Nr. II, während die starken Nitroglycerin-Präparate (Dynamit Nr. I und Sprenggelatine) zur Lösung von sehr harten und zähen Gesteinen, zur Zerkleinerung des Materiales, zu Sprengungen unter Wasser und überhaupt überall da mit Erfolg benutzt werden, wo die Sprengung mehr eine brechende oder zermalmende Kraft erfordert. Da die nitroglycerinreichen Dynamitsorten nur die dem Minenherde benachbarten Theile des Gesteines zermalmen und zerbrechen und ihr Wirkungsfeld ziemlich scharf begrenzt ist, so eignen sie sich ganz besonders zum Abteufen von Schächten und Stollen, denn sie werden bei richtiger Anwendung die Begrenzungswände derselben weniger beschädigen als andere Explosivstoffe.

Bei richtiger Auswahl der Stärke des Dynamits kann man gegenüber dem Schwarzpulver eine Kostenersparniß von mindestens 25% und eine Zeitersparniß von 30 bis 50% erzielen, jedoch muß hervorgehoben werden, daß sich die Überlegenheit des Dynamits gegenüber dem Pulver bei ab-

nehmender Härte des Gesteines vermindert. Nach Moreau können bei richtiger Verwendung der Sprenggelatine circa 20% an Handarbeit zur Herstellung der Bohrlöcher und etwa 15% an Zeit gegenüber den schwächeren Dynamitsorten erspart werden.

Unter Umständen wird es sich empfehlen lassen, in einem und demselben Steinbruche zwei oder mehrere Arten von Sprengstoffen zu benutzen, z. B. Pulver in den höheren Lagen, in denen sich verwitterte und zerklüftete Felspartien befinden, und Dynamit in der Tiefe der Sohlen sowie bei gepreßten Stellungen.

Die Größe der Ladung hängt ab von der Wirkungsweise und Kraft des Sprengstoffes, von der Beschaffenheit des Gesteins, seiner Zähigkeit und Härte, Verspannung, Schichtung u. s. w., vom Wasserandrange und von der gewünschten Gesteinsmenge. Eine zu starke Ladung bewirkt ein weites Fortschleudern der abgesprengten Steinstücke.

Nach Ržiha braucht man zur Lösung von 1 m^3 Felsen etwa $2^1/_2$ mal mehr Pulver mit 62% Salpeter als Dynamit mit 72% Nitroglycerin. Man kann annehmen, daß 1 m^3 kompakter Muschelkalk- und Sandsteinbänke 280 bis 400 *g* Sprengpulver oder 120 bis 200 *g* Dynamit, geschlossener Felsen (wie Porphyr, Dolomit, Muschelkalk u. dgl. m.) 500 bis 600 *g* Pulver oder 220 bis 250 *g* Dynamit, Granit, Gneiß, Basalt, Quarzfels und ähnlicher harter Gesteine etwa 800 *g* Sprengpulver oder 280 *g* Dynamit zu seiner Absprengung erfordert.

Erfahrungsmäßig ist der Verbrauch an Sprengmateralien bei Tunnelbauten und beim Abteufen von Schächten und Stollen wegen größerer Verspannung des Gesteins unter sonst gleichen Verhältnissen ein größerer; bei ersteren kann der Verbrauch bis auf das Anderthalbfache, bei letzteren sogar bis auf das Doppelte steigen.

Gesteine, welche stellenweise einen geringeren Zusammenhang oder Schichtungen besitzen, verlangen zu ihrer Sprengung größere Ladungsmengen und daher auch weitere und tiefere Bohrlöcher.

Die Masse des abgesprengten Gesteins findet man aus der Formel

$$Q = k\,t^3.$$

Hierin bedeutet Q die Gesteinsmenge in Kubikmetern, k einen Coëfficienten, der bei den verschiedenen Gesteinen verschieden ist und, weil zuverlässige Untersuchungen in dieser Richtung noch fehlen, nur erfahrungsmäßig bestimmt werden kann, t die Bohrtiefe in Metern.

Ist z. B. $k = 0{\cdot}83$ und $t = 1{\cdot}2\,m$, so erhält man:

$$Q = 0{\cdot}83 \; 1{\cdot}2 \; 1{\cdot}2 \; 1{\cdot}2 = 1{\cdot}434\,m^3$$

oder, falls das specifische Gewicht des Steins 2·6 ist, rund 3730 *kg*.

Die Tiefe der Bohrlöcher richtet sich nach der Dicke des abzusprengenden Gesteins und nach seiner Festigkeit. Bei einem 1·5 bis 1·8 *m* starken Stein nimmt man durchschnittlich $^1/_3$ dieses Maßes als Bohrlochtiefe an. Selbstverständlich müssen bei breiteren Absprengungen mehrere Bohrlöcher hergestellt werden.

Die Weite der Bohrlöcher ist für Sprengungen mit Nitroglycerin-Präparaten kleiner anzunehmen als für Pulversprengungen und zwar im Verhältniß der Kraftleistung und des specifischen Gewichts. Ueber erstere haben wir bereits früher das Nöthige mitgetheilt; über letzteres sei hier noch bemerkt, daß das specifische Gewicht des Sprengpulvers zwischen 0·77 und 0·94 schwankt, daß es beim Dynamit durchschnittlich 1·37, bei der Sprenggelatine etwa 1·6 und bei dem Nitroglycerin gleich 1·6 ist.

Bei der Verwendung von Sprenggelatine erhält das Bohrloch zweckmäßig eine Weite von 2·8 bis 3·0 *cm* und in

sehr quarzigen Gesteinen (z. B. Quarzgranit) ein Tiefe von 45 bis 50 *cm*, in kompaktem Glimmerschiefer eine solche von 60 bis 70 *cm* und in noch weicheren Gesteinen eine Tiefe von 85 bis 90 *cm*.

Bei hartem Gestein erhält bei Verwendung anderer Sprengstoffe das Bohrloch durchschnittlich 4·0 *cm* Weite. Die Bohrlöcher werden in der Regel in klüftigem Gestein nicht über 30 bis 40 *cm*, in sehr hartem und dichtem nicht über 80 *cm*, bei weniger hartem dagegen bis 450 *cm* tief gemacht. (Vgl. auch die Regel zur Herstellung der Bohrlöcher, § 12).

Die Herstellung eines Bohrloches erfordert einen mit dem Quadrate des Bohrlochdurchmessers wachsenden Arbeitsaufwand, welcher bei 2·5 *cm* weiten Bohrlöchern pro Meter Tiefe:

in sehr hartem Gestein etwa 0·9
„ Hornstein „ 1·15
„ Sandstein „ 0·03 bis 0·33
„ festem Kalkstein „ 0·67 „ 1·00

und bei 4·0 *cm* weiten Bohrlöchern pro Meter Tiefe:

in härterem Granit etwa 2·0
„ sehr hartem „ „ 2·75

Mineurtagesschichten erfordert.

Für die Geschirr-Unterhaltung werden 0·21 bis 0·30 beziehungsweise 0·4 Tagesschichten angesetzt.

Nach Professor Stapff in Falun beträgt das ausgebohrte Volumen pro Stunde:

in sehr harten Steinen (z. B. dichtem Basalt) 2 bis 11 cm^3
„ harten „ (z. B. Gneiß) 14 „ 36 cm^3
in minder harten Steinen (z. B. Sand- u. Kalksteinen) 36 bis 72 cm^3
„ weichen „ (z. B. Kalkspath) 107 bis 268 cm^3

Stapff nimmt die mechanische Arbeit des Bohrhäuers zu etwa 17720 Meterkilogramm pro Stunde an

und findet demnach den Arbeitsaufwand für 1 cm^3 Ausbohrung:

in hartem	Gestein zu circa	700	Meterkilogrammen.
„ mittelhartem	„ „ „	300	„
„ weichem	„ „ „	100	„

Natürlich machen alle diese Zahlen keinen Anspruch auf Genauigkeit, sie sollen auch nur zur Orientirung dienen.

Das Bohren der Sprenglöcher geschieht entweder durch Hand- oder durch Maschinenarbeit.

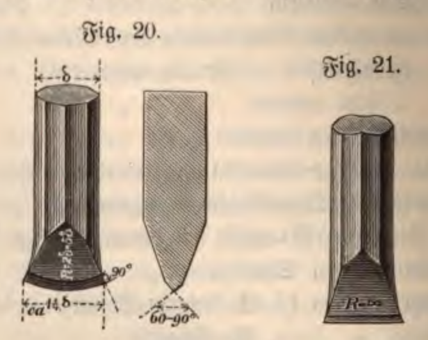
---

§. 10. Die Herstellung der Bohrlöcher durch Handarbeit.

Zur Herstellung der Sprenglöcher verwendet man vorzugsweise den Meißelbohrer, Kronenbohrer, Stern- oder Kreuzbohrer und Stoßbohrer.

Der Meißelbohrer (Figuren 20 und 21) wird sowohl bei festem, als auch bei weichem Gestein benutzt. Er besteht

Fig. 20. Fig. 21.



aus der eisernen, auch wohl stählernen, 2 bis 3 *cm* dicken, runden oder viereckigen Bohrstange, deren Länge bei den Anfangsbohrern 25 bis 50 *cm*, bei den Mittelbohrern 50 bis cm, bei den Abbohrern 100 bis 200 *cm* beträgt und so

bemessen sein muß, daß die Bohrstange mindestens 15 *cm* aus dem Bohrloche herausragt.

Das eine Ende dieser Stange — die Bahn — ist häufig durch einen umgeschweißten Eisenring zur Verhütung von „Straubenbildung" und Absplitterung verstärkt, das andere — der Kopf — besteht aus einem Stahlstück in Gestalt eines Meißels. Für mildes Gestein wählt man gewöhnlich Meißelbohrer mit gerader, dreieckiger oder lanzettförmiger Schneide*). Da jedoch bei diesen Schneiden die äußeren Theile eher abgenutzt werden als die mittleren, so sind die Meißelbohrer mit gewölbter Schneide empfehlenswerther; erfahrungsgemäß nutzen sie sich ziemlich gleichmäßig ab. Der Krümmungshalbmesser dieser Schneide hängt von der Gesteinsfestigkeit ab und wächst mit der Abnahme derselben; bei festem Gestein giebt man ihm zweckmäßig die doppelte Länge des Bohrlochdurchmessers. Um zu verhüten, daß sich die Stange in dem Bohrloche festklemmt, muß die Breite der Schneide größer sein als die Dicke der Bohrstange. Das Verhältniß dieser Schneidenbreite zum Bohrstangendurchmesser soll mit abnehmender Gesteinsfestigkeit größer werden und schwankt zwischen 7 : 6 und 4 : 3. Der von den Keilflächen eingeschlossene Winkel richtet sich nach der Widerstandsfähigkeit des Gesteins und soll bei Bohrern für weiches Gestein nicht unter 30°, bei solchen für festes und hartes Gestein nicht unter 60° (für Kalkstein z. B. 64°, für Sandstein 75°) betragen, damit die Schneide

*) Auf den Kulmiz'schen Granitwerken in Schlesien werden auch Bohrer mit Z-förmiger Schneide verwendet, durch welche der äußere Bohrlochrand schneller freigebohrt werden soll; auch soll sich die Schneide gleichmäßiger abnutzen. Man hat auch auf anderen Steinbrüchen S-förmige Bohrer benutzt. Die Vortheile solcher Bohrer werden jedoch theilweise wieder durch die schwierige Herstellung und theure Instandhaltung dieser Werkzeuge aufgehoben.

eine gewisse Fleischstärke behalte, und beim Kronenbohrer spitzer als beim Kreuzbohrer sein. Zuweilen wird auch die Schärfe des Meißelbohrers für weiches Gestein etwas abgestumpft.

Der **Kronenbohrer** (Figur 22) besitzt keine Schneide, sondern nur in der Umfangslinie des Bohrers vertheilt liegende, hervorragende Spitzen.

Der **Stern- oder Kreuzbohrer** unterscheidet sich von dem Meißelbohrer nur durch seinen Kopf, der aus zwei, sich im Mittelpunkte kreuzenden, convexkeilförmigen Schneiden besteht

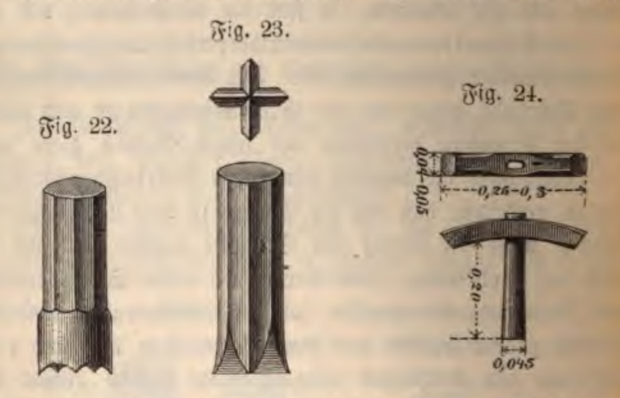


Fig. 22. Fig. 23. Fig. 24.

(Figur 23). Man benutzt ihn mit Vorliebe zur Herstellung von Bohrlöchern in besonders festem und hartem Gestein.

Die Bohrer werden entweder mittelst **Fäustel** oder allein **durch Stoß** eingetrieben. Im ersten Falle unterscheidet man **ein-, zwei-, drei-** u. s. w. **männisches Bohren**. Bei dem **einmännischen** bringt der Bohrhäuer nach Herstellung eines Ansatzes mit Hilfe von Meißel und Handfäustel den Bohrer mit der linken Hand in der gewünschten Richtung des Bohrloches an den Felsen und treibt ihn unter beständigem, jedoch nur geringem Umdrehen (**Setzen**), damit die Schneide allmälich alle Punkte der Bohrlochsohle berührt,

mit kräftigen Schlägen mittelst des 3 bis 5 *kg* schweren Handfäustels (Figur 24) ein. Bei dem zwei-, drei- u. s. w. männischen Bohren setzt ein Arbeiter den eine breitere Schneide und eine längere, stärkere Stange besitzenden und daher schwereren Bohrer mit beiden Händen an, während ein anderer oder zwei u. s. w. Arbeiter mit schweren, 8 bis 14 *kg* wiegenden Fäusteln (in Form des in Figur 12 abgebildeten Handfäustels) das Eintreiben vornehmen, wobei 120 bis 150 Schläge pro Minute ausgeführt werden können.

Fig. 25.

Das mehrmännische Bohren erfordert große Aufmerksamkeit und viele Uebung, damit nicht dem Manne, welcher den Bohrer hält, die Hände zerschmettert werden.

Ist das Gestein weich, so kann das Eintreiben der Bohrer mittelst Fäustel unterbleiben. Es wird dann der sogenannte Stoßbohrer (Figur 25) benutzt, welcher mit beiden Händen gegen die Felswand gestoßen oder, an einer Kette hängend, gegen dieselbe geschwungen und nach jedem Stoß um ein Geringes „gesetzt" wird. Seine Führung verlangt eine größere Geschicklichkeit des Bohrhäuers, dafür ist aber der Nutzeffect des Arbeitsaufwandes ein größerer, denn er beträgt nach Stapff etwa 12 %, bei den durch Fäustel eingetriebenen Bohrern nur 5 %. Diese Stoßbohrer haben gewöhnlich Stangen von 2·4 bis 3·5 *cm* Durchmesser und 7 bis 20 *kg* Gewicht und eine größere Länge (1 bis 3 *m*), so daß mit ihnen Bohrlöcher bis zu 2·5 *m* Tiefe hergestellt werden können. Besonders leicht lassen sich senkrechte Löcher bohren; man benutzt hierzu Bohrer von möglichst hohem Gewicht, die man aus größerer

Höhe auf das Gestein herabfallen und also nur durch ihr Gewicht wirken läßt (*Freifallbohrer*).

Bei *überhängendem Gestein* kann der Bohrer, falls das Loch von unten nach oben hergestellt werden soll, mittelst eines der gewöhnlichen Wagenwinde sehr ähnlichen Apparates, auf dessen Schuh der mit einem Hebel beständig zu drehende Bohrer sitzt, eingedreht werden. (Siehe auch: *Bohrmaschinen.*)

Bei *weichem* Gestein erhält das Bohrloch meistens die Gestalt eines *Cylinders*, bei *festem* die eines *abgestumpften Kegels*. Bei festen und harten Felsmassen beginnt man die Bohrung zweckmäßig mit einem kurzen, aber breitschneidigen Bohrer (sogenannten *Anfangsbohrer*) und verwendet in der Folge immer schmäler, aber länger werdende, sogenannte *Mittelbohrer*, beziehungsweise *Abbohrer*, so daß sich das Bohrloch nach der Tiefe zu verjüngt. Zuweilen werden bei der Herstellung eines einzigen 50 bis 60 *cm* tiefen Bohrloches 150 bis 300 Bohrer verbraucht!

Der *Bohrsatz für Handarbeit* auf den *Pflastersteinbrüchen zu Quenast in Belgien* besteht zur Zeit aus acht verschiedenen Bohrern, deren Stangen aus Stahl gefertigt sind und deren Köpfe die sogenannte *Priesterhutform* (Figur 26) besitzen. Nachstehende Tabelle giebt die Dimensionen dieser Bohrer an.

Tabelle II.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Länge in *m*	0·50	0·50	0·75	1·00	1·25	1·50	1·75	2·00
Stangendurchmesser in *cm* .	3·0	3·0	2·6	2·6	2·6	2·6	2·6	2·4
Bohrkopfdurchmesser in *cm* .	4·2	4·0	3·8	3·6	3·4	3·2	3·0	2·8

Diese Bohrlöcher werden gegenwärtig mit Hilfe von 12 bis 14 *kg* schweren Hämmern eingetrieben. Es findet zweimännisches Bohren statt. In zehn Arbeitsstunden kann die Arbeit um 2·5 bis 3·0 *m* vorrücken.*)

Um an der Bohrlochsohle einen größeren Raum für den Sprengstoff zu schaffen, verwendet man sogenannte Erweite-

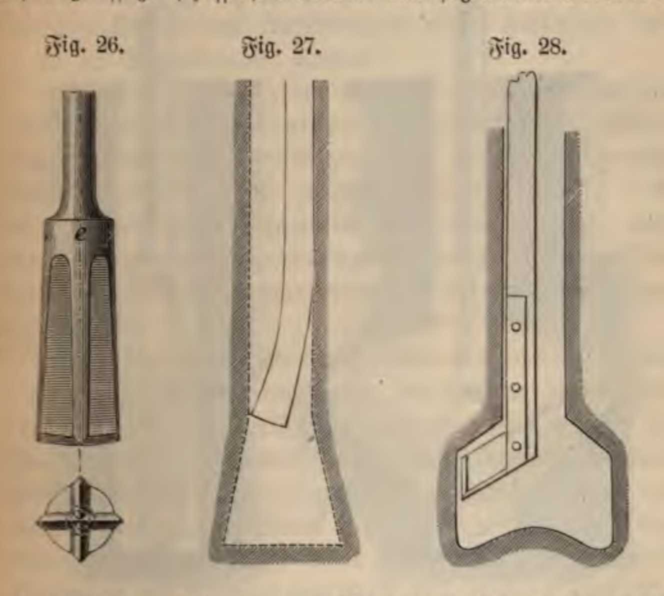


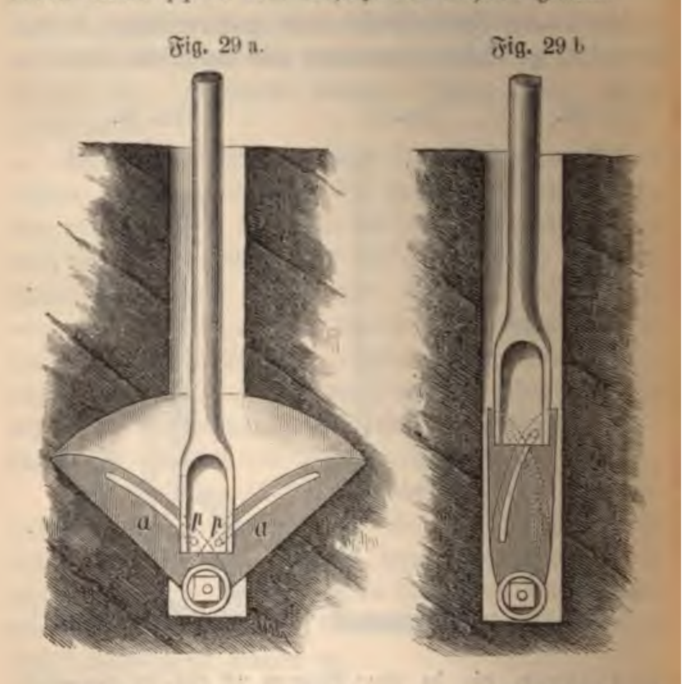
Fig. 26. Fig. 27. Fig. 28.

rungsbohrer, die in den Figuren 27 bis 29 dargestellt sind. Figur 27 zeigt den Erweiterungsbohrer von Kind, Figur 28 den von Kraut und Figur 29 (a und b) den von

*) Alle in diesem Werke über die Pflastersteinbrüche zu Quenast enthaltenen Mittheilungen sind einem von der Direction dieser Brüche dem Verfasser dieses Werkes zugegangenen, sehr ausführlichen und mit Illustrationen versehenen Bericht entnommen. (Siehe Vorrede.)

Bergus. Bei dem Erweiterungsbohrer von Bergus klappen die beiden Meißelscheeren aa beim Heben des Bohrers zusammen und erweitern sich beim Niederstoßen, indem die beiden Dorne pp in dem Schlitze der Scheere gleiten.

Fig. 29 a. Fig. 29 b



Bei Kalkfelsen verwendet man zu diesem Zwecke nach dem Vorschlage von Couberaise und Liebhaber mit Vortheil verdünnte Salzsäure.

(Siehe auch: „Das Schnüren" im § 13.)

Statt durch Bohrer hat man, wie hier beiläufig noch erwähnt sein mag, auch durch Entgegenschleudern eines Sandstrahles gegen das Gestein Sprenglöcher erzeugt.

§ 11. Die Herstellung der Bohrlöcher durch Maschinenarbeit.

Da die Ausarbeitung von Sprenglöchern durch die Hand des Bohrhäuers sehr mühevoll und zeitraubend ist, so benutzt man in neuerer Zeit hierzu geeignete Maschinen und besonders, wenn es sich um das Niederbringen großer Felsmassen (wie z. B. bei Tunnelbauten) handelt.

Die den Uebergang von der Hand- zur Maschinenarbeit bildenden, durch Menschenkraft bewegten Bohrmaschinen sind unter Umständen für Bohrarbeiten in Steinbrüchen recht geeignet, nicht aber für größere Bohrungen, wie sie z. B. bei Tunnelbauten vorkommen. Günstigenfalls kann durch die Verwendung von Handbohrmaschinen ein Drittel der bei der gewöhnlichen Handbohrarbeit nöthigen Zeit erspart werden.

Man hat diese kleinen Maschinen mit stoßenden oder rotirenden Bohrern construirt. Die ersteren, die Percussions-Handbohrmaschinen, sind nach dem Princip der Fallramme hergestellt und bilden eine Nachahmung des Bohrens mit dem Stoßbohrer. Ihre mit einem gewöhnlichen Meißel- oder Kronenbohrer versehene Bohrstange wird von Arbeitern emporgezogen und wieder fallen gelassen, und es erfolgt die Umsetzung des Bohrers nach jedem Falle meistens selbstthätig. Zu diesen einfachen Maschinen, die sich nur zur Herstellung verticaler oder nahezu verticaler Bohrlöcher eignen, gehören die viel verbreitete Handbohrmaschine von Könyves-Toth und die Freifallbohrmaschine von Newton.

Die auf dem Principe der amerikanischen Schraubenwinde beruhenden Handmaschinen eignen sich besonders für weichere Gesteine, wie z. B. Gyps, Steinsalz u. s. w. Sie sind mit, den Centrumbohrern nachgebildeten Bohrern

ausgestattet, die durch eine Kurbel in Umdrehung gesetzt und daher in die Bohrwand eingedreht werden. Größere Verbreitung haben die nach diesem Systeme construirten Handbohrmaschinen von Macdermott und von Lisbet gefunden. Bei letzterer beträgt die Bohrtiefe pro Minute:

in Gyps und Steinsalz	etwa	10 *cm*
„ weichem Sandstein	„	3 „
„ festem Kalkstein	„	1·3 „

und es entspricht das Vorschreiten des Bohrers pro Umdrehung der Schraubenganghöhe. Mit diesen Handbohrmaschinen lassen sich am besten horizontale, aber auch schräge Bohrlöcher herstellen.

Für schräge und verticale Bohrungen hat Castelain eine Maschine construirt, bei welcher die Hebedaumen die Bohrstange gegen einen durch seine Federkraft den Stoß vermittelnden Puffer anwerfen. Die Bohrmaschine von Marcellius unterscheidet sich von der Castelain'schen hauptsächlich nur dadurch, daß sie statt des durch eine Spiralfeder getriebenen Puffers einen Luftpuffer besitzt. Bei der Balzberg'schen Maschine wird die Bohrspindel durch den Druck einer Feder (ähnlich den Pufferfedern) gegen das Gestein gepreßt. Sobald die Kraft der Feder nachläßt, wird letztere durch Vorschieben der Bohrspindel mittelst einer Schraube wieder gespannt.

Die durch comprimirte Luft oder Dampf oder Wasserdruck bewegten Bohrmaschinen sind weit leistungsfähiger als alle die vorbesprochenen und eignen sich daher besonders zu größeren Gesteinsbohrungen. Ihr Nachtheil besteht hauptsächlich in ihrer Kostspieligkeit; besonders theuer wird die Bohrarbeit bei Verwendung von comprimirter Luft.

(Nach Stapff stellt sich die Bohrmaschinenarbeit zur Handarbeit bezüglich der Kosten wie etwa 2 zu 1.)

Auch diese Maschinen werden mit stoßenden oder continuirlich rotirenden Bohrern construirt.

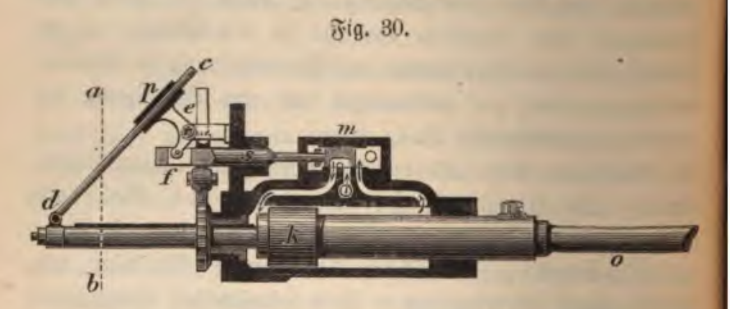
Die Percussions-Bohrmaschinen, welche eine Nachahmung der Arbeit des Handbohrens mit Meißelbohrer und Fäustel bilden, gestatten das Bohren nach allen Richtungen. Ein Meißel- oder Kronenbohrer ist hier mit einer Kolbenstange verbunden, welche am besten — trotz der höheren Kosten — durch comprimirte Luft (von 1·5 bis 2·5 Atmosphären effectiver Spannung) bewegt wird, weil die Verwendung derselben gegenüber der Benutzung von Dampf die Vortheile gewährt, daß eine Uebertragung der Kraft auf weite Entfernungen ohne erhebliche Verluste zu ermöglichen, die gebrauchte Luft zur Ventilation und Wetterführung bei Grubenbauten u. s. w. gut zu benutzen und eine Belästigung der Arbeiter ausgeschlossen ist.

Bei dieser Bohrmethode sind 3 Bewegungen auszuführen, nämlich die Hin- und Herbewegung des Bohrers, seine Drehung (Setzen) nach jedem Stoß und die Vorwärtsbewegung (Vorschub) der ganzen Maschine mit zunehmender Bohrlochtiefe. Das stoßweise Vorschieben und Zurückziehen des Bohrers, mit so großer Schnelligkeit erfolgend, daß in der Minute 200 bis 800 Schläge ausgeführt werden, geschieht bei allen Percussions-Bohrmaschinen selbstthätig, ebenso das Setzen des Bohrers. Der Vorschub der Maschine erfolgt bei einigen Constructionen selbstthätig, bei anderen mechanisch mittelst Zahnstange und Handsteuerung u. s. w. Die Maschine ist meistens sehr klein und leicht und sie muß so beschaffen sein, daß sich mehrere an einem Bohrgestelle (Bohrwagen) ohne Schwierigkeiten in verschiedenen Höhen und Abständen anbringen und in der, der Bohrlochrichtung entsprechenden Stellung leicht befestigen lassen.

Von den zahlreichen Percussions-Bohrmaschinen hat sich unter Anderen die von Sachs erfundene und von der Maschinenfabrik „Humboldt" in Kalk bei Köln a. Rh. gebaute Maschine im Steinbruchbetriebe sehr gut bewährt und auch eine weite Verbreitung gefunden. Figuren 30 und 31 stellen einen schematischen Längen- und Querschnitt dieser Maschine dar.

Der Kolben k wird durch den Muschelschieber m gesteuert, unter welchen die comprimirte Luft geleitet wird, deren Weg die eingezeichneten Pfeile angeben. Die Bewegung des Muschelschiebers erfolgt durch den Winkelhebel d e f,

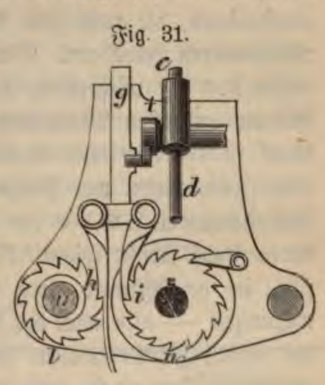
Fig. 30.



welcher bei d mit der Kolbenstange in einem Charnier verbunden ist. Wird der Kolben bewegt, so gleitet die Stange c d in der Hülse p und dreht den Arm e, so daß auch die Achse r gedreht wird. Von letzterer geht ein Arm f aus, welcher die Schieberstange in Bewegung setzt, und ein zweiter Arm t, durch welchen die zwei Sperrhaken h und i tragende Verticalstange g bewegt wird. Der Sperrhaken i wirkt auf das Sperrad n und letzteres auf die Kolbenstange k, wodurch beim Kolbenrückgange jedesmal die Bohrerumsetzung herbeigeführt wird. Der andere Sperrhaken h wirkt auf das Sperrad l, das gleichzeitig die Mutter für die auf u geschnittene Schraube bildet. Die Stange u ist mit dem Bohr-

gestell, das Rad l mit der Bohrmaschine fest verbunden; es muß also ein Vorschub der letzteren erfolgen, sobald sich das Rad dreht. Dieser Vorschub tritt nur bei vollem Kolbenhub ein, weil das Rad mit langen Zähnen versehen ist, und er erfolgt bei widerstandsfähigerem Gestein daher langsamer als bei weicherem. Soll die Maschine nach beendigter Bohrung schnell zurückgeschoben werden, so muß die mit l verbundene Schraubenmutter direct durch eine Kurbel bewegt werden.

Fig. 31.



Die Leistungsfähigkeit dieser mit 1·5 Atmosphären Ueberdruck arbeitenden Maschine ist eine recht hohe, wie aus folgender Tabelle ersichtlich.

Tabelle III.

Gesteinsart	Fester Marmor	Lava von Niedermendig	Kohlensandstein	Quarzige Grauwacke	Eisenspathe und Bleiglanz	Mittelwerth
Eindringen des Bohrers pro Minute in Centimetern	3·0	8·2	7·2	4·3	3·0	3·3
Luftverbrauch pro Minute in Kubikm.	0·20	0·26	0·30	0·21	0·20	0·23
Nöthige theoretische Kraft zur Herstellung der comprimirten Luft in Pferdekräften	1·1	1·5	1·7	1·0	1·2	1·3
Nöthige theoretische Kraft zum Bohren von 10 cm pro Minute in Pferdekräften	3·8	1·8	2·4	2·1	3·9	2·8

Sehr empfehlenswerthe Gesteinsbohrmaschinen für Steinbrucharbeit sind auch die von Dünn und von Ingersoll construirten, die recht gute Resultate liefern und sehr wenige Reparaturen erfordern. Diese kleinen, nur 130 beziehungsweise 174 *kg* wiegenden, auf drei Füßen mit verstellbaren Beinen ruhenden Maschinen arbeiten bei 3·5 Atm. Ueberdruck in 10 wirklichen Arbeitsstunden (bei Berücksichtigung aller Zeitverluste, wie Platzwechsel der Maschine, Wechsel der Bohrstangen u. s. w.) 6 bis 8 *m* Bohrloch, wobei die Bohrer, deren Kopf die in Figur 26 dargestellte Priesterhutform besitzt, in der Minute circa 300 Schläge abgeben. Alle Bewegungen — also auch der Vorschub der Maschine — werden bei beiden Constructionen selbstthätig erzeugt. Diese Bohrmaschinen sind z. B. auf den Pflastersteinbrüchen von Quenast in Belgien seit Jahren in Betrieb. Dortselbst ist auch seit einiger Zeit eine von den Ingenieuren dieser Steinbrüche construirte Maschine im Gebrauch, welche ein Mittelglied zwischen dem Dünn'schen und Ingersoll'schen System bildet. Diese Maschine wiegt circa 132 *kg*; auch sie hat sich sehr gut bewährt.

Die Gesteinsbohrmaschinen, welche mit schneidender Wirkung des Bohrers arbeiten, besitzen für weiches Gestein meistens ringförmige, an ihrer Schneide sägezahnartig geformte Hohlbohrer von Stahl. Diese werden entweder an eine Welle befestigt, die am besten durch ein Schneckenrad von einer zweicylindrischen Wasserdruckmaschine langsam in Umdrehung gesetzt wird, oder sie werden unmittelbar langsam gedreht und mit einem hohen hydraulischen Druck (50 bis 200 Atmosphären) gegen die Bohrwand gepreßt. Sie erzeugen hierbei ein ringförmiges Bohrloch und lassen einen Gesteinskern stehen, welcher von Zeit zu Zeit an seiner Wurzel abgebrochen und herausgeschafft werden muß. Während der

Bohrung wird durch die hohle Stange Wasser ins Bohrloch geleitet, das den sogenannten Bohrschmand fortspült und dadurch die Bohrarbeit wesentlich erleichtert.

Von allen Bohrmaschinen dieser Art ist die Brandt'sche die bekannteste; sie findet jedoch hauptsächlich nur im Tunnelbau Verwendung. Die Stahlbohrer, deren Krone mit fünf Zähnen versehen ist (Figur 32), werden mit einem Drucke von etwa 150 *kg* pro 1 *mm* Schneidenlänge gegen das Gestein gepreßt und machen pro Minute nur fünf bis sechs Umdrehungen. Diese Maschine ist recht leistungsfähig, wie die nachfolgende Tabelle zeigt.

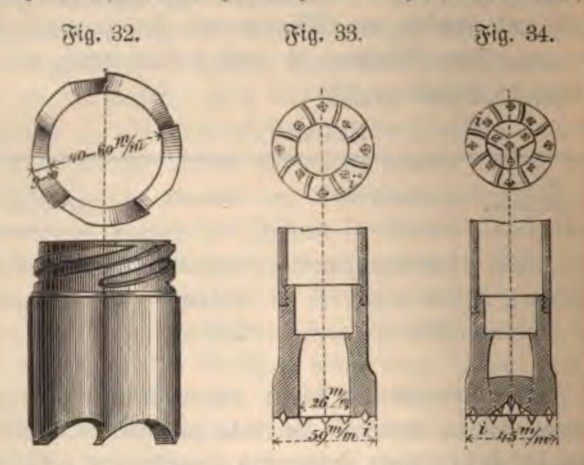
Tabelle IV.

Bohrerdurchmesser	Wasserpressung	Gebirgsart	Lochtiefe pro Minute
6·0 *cm*	80 Atmosphären	Gneißgranit	2—5 *cm*
8·0 „	80 „	Dolomit	2—7 „
8·0 „	100 „	Porphyr	3—4 „

Da die Bohrschneiden härter sein müssen als das anzubohrende Gestein, damit sie sich nicht zu schnell abnutzen, so können für sehr harte Felsmassen Stahlbohrer nicht mehr verwendet werden. Hierzu dienen die Diamantbohrer, die in Amerika und in neuerer Zeit auch in Oesterreich viel benutzt werden und sich besonders für Tiefbohrungen eignen, zu denen Stoßbohrer nicht mehr anwendbar sind. Die Diamantbohrmaschinen erhalten entweder Kern- (Hohl-)bohrer oder Vollbohrer. (Figuren 33 und 34 stellen die Beaumont'schen Bohrer dar.) In die Bohrköpfe sind erbsengroße schwarze Diamanten aus Bahia (carbons) in einer oder in mehreren Reihen eingesetzt (ii). Die Bohrer werden mit einem geringen hydraulischen Druck (200 bis

400 *kg* pro Bohrer von 5·2 *cm* Durchmesser) gegen
Bohrwand gepreßt. Sie arbeiten, mit großer Geschwindigk
rotirend (200 bis 300 Umdrehungen pro Minute), bei 5·2
Durchmesser in Granit ein Bohrloch von 5 bis 8 *cm*,
Quarz von 2 bis 3 *cm*, in Sandstein von 10 bis 11
Tiefe in einer Minute aus, wobei sich die Kosten pro Me
Bohrloch nur auf 0·80 bis 1·00 Mark stellen. Das Bo
gestänge besteht aus einzelnen zusammengeschraubten Röhre

Fig. 32. Fig. 33. Fig. 34.



stücken. Das Wasser wird oben eingepreßt, tritt durch
zwischen den Diamanten liegenden Rinnen aus, spült
vorhandenen Bohrschmand aus und treibt ihn in dem Zwisch
raum zwischen Bohrgestänge und Bohrloch empor.
Drehung des verticalen, durch ein Gewicht belasteten Bo
estänges erfolgt zweckmäßig durch konische Räder von ei
Welle aus, welche von einer Locomobile durch Riemen
dreht wird.

Die Nachtheile dieser Diamantbohrmaschinen liegen
dem hohen Preise der Bohrkrone und in den häufigen

luften an Diamanten, die sich nur sehr schwer haltbar an dem Bohrer befestigen lassen.

Recht brauchbare Maschinen dieses Systems sind die Diamantbohrmaschine von De la Roche-Tolay, bei welcher die Umdrehung des Bohrers durch Perrét's Wassersäulenmaschine und auch der Vorschub der Bohrspindel und das Zurückziehen derselben durch hydraulischen Druck erfolgt, — sowie die von Leschott.*)

---

§ 12. Die Weite, Tiefe und Richtung der Bohrlöcher.

Bei jedem Schlage oder Stoße sprengt der Bohrer ein Steinstückchen aus; bei richtigem Gebrauch (richtigem Setzen) des Bohrers wird hierdurch allmählich in der Felsmasse ein rundes Loch entstehen. Wesentlich gefördert wird die Arbeit, wenn möglichst große Steinstückchen losgebrochen, sowie ein Pulverisiren des Gesteins und ein Festklemmenab gesprengter Theile zwischen Bohrer und Bohrlochwand vermieden werden. Das bei der Bohrung entstehende sogenannte Bohrmehl muß daher von Zeit zu Zeit durch den Krätzer (Figur 35) oder durch Eingießen von Wasser, Kalkmilch u. s. w. beseitigt werden. Das Bohrwasser bewirkt eine Gewichtsverminderung des Bohrmehls, drängt letzteres zurück und macht die Bohrschneide frei, so daß sich seine Benutzung vortheilhafter erweist als die Anwendung des Krätzers.

*) Näheres über die Bohrmaschinen findet man in: Stapff, Gesteinsbohrmaschinen; — Angstrom, Ueber Gesteinsbohrmaschinen, übersetzt von Turley, Leipzig 1874; — A. Riedler, Gesteinsbohrmaschinen und Luftcompressionsmaschinen, Wien (Faesy & Frick); — Derselbe, Brandt's hydraulische Gesteinsbohrmaschine, Wien (Lehmann & Wentzel) und in mehreren Jahrgängen des „Maschinenbauer".

von Kaven giebt in seinen Unterrichtsblättern über Tunnelbau (Blatt III) einige Regeln für die Herstellung der Bohrlöcher an, die wir hier folgen lassen.

Fig. 35.

5-10mm

1-1,5m

23mm

1. Das Loch muß in solcher Stellung, Tiefe und Weite abgebohrt werden, daß der Schuß das Maximum an Gesteinszertrümmerung liefert.

2. Diejenige Entfernung, welche von der Ladung nach dem zunächst liegenden Außenpunkte gedacht werden kann, nennt man die Linie des kürzesten Widerstandes oder die Vorgabe (Figur 36, Linie b d; Figur 37, Linie b d). Das Bohrloch darf nicht in der Linie des kleinsten Widerstandes liegen, weil dann der „Besatz" herausgeworfen wird.

3. Die Vorgabe soll ungefähr drei Viertel der Bohrlochtiefe betragen, weßhalb der Schuß unter etwa 45° einzusetzen ist (Figur 36). Zuweilen, je nach der Beschaffenheit des Gesteins, kann dieser Winkel kleiner sein, z. B. 30° (Figur 37). (Nach Hauenschild soll die Richtung des Bohrloches senkrecht auf der Vorgabe stehen oder parallel zur freien Fläche laufen und die Bohrlochtiefe größer oder mindestens gleich der Entfernung der Ladung von der nächsten freien Fläche sein.)

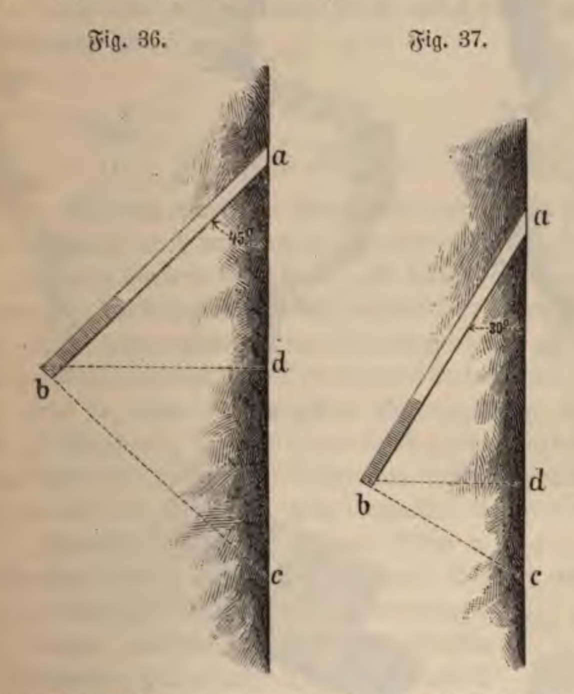
4. Die äußere Gestaltung des Gesteins muß man zur Erreichung des Maximums benutzen, ebenso die in ihm befindlichen Ablösungen (Figuren 38 bis 40).

5. Bei regelmäßigen, schon angeschossenen Flötzen setzt man den Schuß senkrecht auf das Flötz (Figur 41).

6. Kurzklüftiges, blätteriges oder schieferiges Gestein bohrt man nicht in der Richtung der Blätter, sondern durchsetzt diese schief oder normal.

7. Jeder Schuß muß dem folgenden als Vorarbeit dienen. Hauenschild bemerkt: Der Abstand zweier Bohrlöcher, welche h in ihrer Wirkung unterstützen sollen, ist gleich der Vorbe, aber doppelt so groß, wenn beide Ladungen gleichzeitig - elektrisch — entzündet werden.)

Fig. 36. Fig. 37.



8. Kurzklüftiges, verworrenes oder sehr zähes Gestein verngt seichte, grobklüftiges oder mittelzähes Gestein mitteltiefe, röbes oder ganzes Gestein tiefe Bohrlöcher. Im zähen estein liebt man weite, im spröden engere Bohrlöcher. Beim einmännischen Bohren haben seichte Löcher 24 bis 30 *cm*, ittlere 30 bis 40 *cm*, tiefe 40 bis 60 *cm* Tiefe. Ein ein-

männisches Loch soll circa 3 *cm*, ein zweimännisches circa 4 *cm* ein dreimännisches circa 5 *cm*, und ein Stoßbohrloch bis



zu 2·5 *m* Tiefe 6 *cm*, bis zu 4 *m* Tiefe circa 8 *cm* Durchmesser erhalten.

9. Die Ladung soll erfahrungsgemäß etwa $^1/_3$ der Bohr-
efe (0·29 bis 0·45 derselben) betragen. Größere Ladungen
wirken ein weiteres Fortschleudern des abgesprengten Gesteins.
ach Hauenschild soll die Länge der Verdämmung d. h.
r über der Ladung in's Bohrloch eingedrückten, die Ex-
osion nach oben verhindernden Stoffe gleich der doppelten
adungshöhe sein.

---

§ 13. Die Zündung.

Die Zündung erfolgt bei einigen Sprengstoffen (z. B. bei
chwarzpulver) durch unmittelbare Berührung mit brennenden
der glühenden Körpern, bei anderen (z. B. bei den Nitroglycerin-
räparaten) durch Explosion leicht entzündlicher Sprengstoffe.
iese letztere Zündungsart, Detonationszündung genannt,
ird zweckmäßig jedoch bei allen Explosivstoffen anzuwenden
in, weil sie erfahrungsmäßig die Sprengwirkung erhöht.
oll die Sprengung durch Pulver herbeigeführt werden, so
t das Laden und Besetzen des Bohrloches, falls Detonations-
ündung nicht beliebt wird, folgendermaßen vorzunehmen:

1. Hinabstoßen der bei trockenem Felsen in Papier, bei
ehr feuchtem Gestein in getheerter Leinwand, Därmen, wasser-
ichtem Packpapier u. s. w., bei Sprengungen
nter Wasser am besten in Weißblechbüchsen
ingeschlossenen Pulvermasse (Patrone) mittelst
ines hölzernen Ladestockes (Strauchers,
igur 42) in das sorgfältig gereinigte Bohrloch.

Fig. 42.

a

2. Hineinstoßen der sogenannten Räumnadel (Figur 43)
n diese Patrone bis in die Mitte der Ladung an der einen
Seite des Bohrloches. (Die Räumnadel soll am besten aus
upfer bestehen, damit sie an den Bohrlochwänden keine

Funken reißt und die Pulvermasse entzündet, oder in einem engen Schilfrohr stecken. Sie wird mit Fett eingeschmiert damit sie leicht wieder herausgezogen werden kann).

3. Ausfüllen des noch übrig bleibenden Raumes des Bohrloches mit dem sogenannten Besatz. Auf die Ladung kommt zunächst bis zur halben Höhe loser Besatz (feiner Sand, Bohrmehl u. dgl.), der mit Vorsicht einzubringen ist, darüber bis zur Bohrlochmündung fester Besatz (Lehm), der nicht eingeschlagen, sondern mit dem kupfernen Stampfer (Figur 44) festgestampft werden muß, und hierauf außen nasse Letten, um eine Verstopfung der Zündöffnung durch den beim Herausziehen der Räumnadel herabfallenden, losen Besatz zu verhindern.

Fig. 43.

Fig. 44.

4. Entfernung der Räumnadel und Einführung eines mit feinem Pulver gefüllten, unter einem Halmring abgeschnittenen Schilfröhrchens (Strohhalmes) in den von der Räumnadel im Bohrlochbesatz und in der Patrone erzeugten feinen Canal.

5. Befestigung eines genügend langen Schwefelfadens — sogenannten Schwefelmännchens — an die Mündung des Röhrchens und Entzündung des Fadens.

Bei tiefen, mit Stoßbohrern hinter einer Felswand erzeugten Bohrlöchern und beim Hereinbrechen bedeutender Felsmassen wird an der Bohrlochsohle ein größerer Raum statt durch die bereits im § 10 erwähnten Erweiterungsbohrer u. s. w. auch durch sogenanntes Schnüren geschaffen. Bei diesem Verfahren wird das Bohrloch zuerst nur mit einer verhältnißmäßig geringen Pulvermasse geladen, die nur im

Stande ist, den Besatz aus dem Bohrloche zu schleudern und auf der Bohrlochsohle Klüfte und Risse zu erzeugen. Hierauf wird eine größere Pulverladung eingebracht, durch welche die Klüfte und Risse in der Sohle des Bohrloches erweitert werden, und so fort, bis in letzterer ein genügend großer Raum hergestellt ist, welcher das zum vollständigen Absprengen der großen Felsmasse erforderliche Pulverquantum aufzunehmen vermag.

Bei Sprengungen mit Dynamit, und zwar über Wasser, erfolgt die Ladung und Besetzung des Bohrloches zumeist in folgender Weise:

1. Hinabstoßen einer in Papier eingehüllten Dynamitpatrone mit einem hölzernen Ladestock und festes Zusammenpressen derselben, so daß die Papierhülse platzt und sich der Sprengstoff an Bohrlochsohle und -Wände anlegt.

2. Wiederholung dieses Verfahrens, bis die zur Sprengung nothwendige Ladungshöhe erreicht ist.

3. Einführung einer geigneten Zündpatrone, so tief, daß sie auf der Dynamitladung aufsitzt, und ohne Festpressen, damit sich die Patrone nicht zu tief in das Dynamit eindrückt.

4. Einbringen des Besatzes in gleicher Weise, wie bei der Sprengung mit Pulver.

Die Zündpatrone wird am besten folgendermaßen hergestellt. Eine Zündschnur a wird an einem Ende senkrecht zur Längenrichtung abgeschnitten und in ein, mit einem 0·25 bis 1·5 *g* schweren Gemenge von Knallquecksilber und Mehlpulver (auch Schwefel oder chlorsaurem Kalium) gefülltes Zünd- oder Kupferhütchen b so tief eingeführt, daß sie auf dessen Füllung aufsitzt (Figur 45). Um zu verhindern, daß sich das Zündhütchen vor der Entzündung abstreift, und um eine stärkere Detonation herbeizuführen, wird das Zünd-

hütchen b oben an die Zündschnur festgekniffen und somit geschlossen. Hierauf wird das Zündhütchen in eine kleine, oben offene, mit Dynamit bis etwa zu zwei Drittel der Höhe gefüllte Papierhülse A eingebracht und nur in das Dynamit so tief versenkt, daß eine Entzündung des letzteren direct durch die Zündschnur ausgeschlossen ist, weil sonst keine Explosion, sondern nur ein unwirksames Abbrennen der Ladung eintritt. Diese unmittelbare Entzündung ist zu befürchten, wenn die freie Zündschnur bis in das Dynamit hinabreicht. Schließlich wird die Papierhülse oben (bei c) fest zugebunden, damit sich das Zündhütchen nicht mehr im Dynamit verschieben kann.

Fig. 45.

Soll mit Dynamit **unter** Wasser gesprengt werden, so wird, wenn die Sprengung kurze Zeit nach Ladung und Besetzung des Bohrloches erfolgen kann, der obere Rand des Zündhütchens nach Einführung der Zündschnur mit Wachs oder Theer wasserdicht verschlossen, sodann nach Versenken des Zündhütchens über das Dynamit der Zündpatrone in Talg getauchtes Werg gelegt und endlich nach sorgfältigem Zubinden der Patrone eine gute Verschmierung aller offenen Theile mit wasserundurchlässigen Stoffen vorgenommen. Die Dynamitpatronen selbst werden nach sorgfältiger Dichtung mit Theer oder Unschlitt ohne Festpressen auf die Bohrlochsohle versenkt.

Muß die Ladung längere Zeit vor ihrer Entzündung unter Wasser bleiben, so wird eine einzige große, mit starkem, wasserdicht gemachtem Pergamentpapier (oder mit einer Weißblechhülse) umhüllte Dynamitpatrone verwendet, die einen etwas kleineren Durchmesser erhält als das Bohrloch, damit

sie sich beim Hinabsenken nicht an den Bohrlochwänden beschädigen kann.

Bei Sprengungen unter Wasser wird auch die Zündschnur mit einem wasserdichten Ueberzuge versehen.

Große Verbreitung hat der Bickford'sche Patent-Zündfaden (doppelte Wasserzünder) gefunden, eine gedrehte, mit Mehlpulver gefüllte Hanfröhre von 6 *mm* Durchmesser, welche das Feuer ohne große Rauchentwickelung fortpflanzt, über und unter Wasser gleich intensiv brennt und zündet, sowohl gegen Durchsprühen nach Außen und gegen Durchnässen nach Innen durch Einfetten oder durch einen Ueberzug von Theer, Harz oder Guttapercha geschützt ist und eine Brennzeit von etwa $1^1/_2$ Minuten pro Meter Länge besitzt. Die Zündschnur kostet pro laufendes Meter nur 0.1 Mark.

Beim Sprengen mit Pulver wird sie an dem einen Ende schräg abgeschnitten und, damit sie recht frei liegt und die Zündung um so sicherer erfolgt, mit diesem Ende unmittelbar in die Pulvermasse eingeführt. Beim Sprengen mit Dynamit wird sie mit dem Zündhütchen, wie oben näher beschrieben worden ist, fest verbunden.

Statt dieser Schnurzündung, die sich durch Einfachheit und Billigkeit auszeichnet und in kleineren Steinbrüchen fast ausschließlich zur Anwendung kommt, wird die elektrische Zündung sich mehr empfehlen lassen, wenn es sich um größere Sicherheit handelt, und sie wird nicht entbehrt werden können, falls eine größere Anzahl von Minen möglichst gleichzeitig zur Explosion gebracht werden soll. Unter Umständen läßt sich durch gleichzeitige elektrische Zündung mit einer und derselben Sprengstoffmenge eine doppelt so große Wirkung erzielen, als wenn die Ladungen durch Zündschnüre einzeln und hinter einander zur Explosion gebracht werden.

Die elektrische Zündung ist kostspielig und meistens auch umständlich; sie erfolgt entweder durch den elektrischen Funken (Funkenzündung) oder durch das Erglühen eines dünnen Drahtes (meist Platindrahtes).

Die Zündmaschine ist entweder eine Reibungs-Elektrisirmaschine mit Leydenerflasche, beziehungsweise ein Reibungsapparat nach dem System von Bornhardt, Mahler und Anderen, an den sich die zum Zünder führende Leitung anschließt, oder, da diese Maschinen nur bei trockener Witterung gut functioniren, ein Inductionsapparat nach dem System von Rühmkorff u. s. w., der den Hauptstrom von elektrischen Batterien oder dynamo-elektrischen Maschinen erhält, oder eine magneto-elektrische Maschine nach dem System von Markus, Bréguet und Anderen, oder eine dynamo-elektrische Maschine von Siemens und Halske, Bürgin u. s. w., oder endlich eine galvanische Batterie mit Chromsäure-, Leclanché-, Polarisations- u. s. w. Elementen.

Die Reibungsapparate sind billig und leicht, sie erzeugen Ströme von hoher Spannung, sind jedoch bei feuchter Witterung umbrauchbar; die Inductionsapparate erzeugen zwar starke und lange Funken, aber sie sind kostspielig und umständlich in Beförderung und Behandlung; die magneto-elektrischen und dynamo-elektrischen Maschinen functioniren bei jeder Witterung gleich zuverlässig, aber sie sind sehr theuer und erzeugen nur Ströme von geringer Spannung; die galvanischen Batterien sind leicht zu transportiren und verhältnißmäßig billig, müssen jedoch bei größeren Sprengungen aus einer großen Anzahl von Elementen bestehen.

Handelt es sich um nicht zu ausgedehnte Sprengungen, so dürfte sich ein Reibungsapparat, im anderen Falle eine dynamo-elektrische Zündmaschine am meisten empfehlen lassen.

Die elektrische Zündung verlangt besondere Zünder. Man verwendet, falls Ströme von hoher Spannung zur Verfügung stehen, also Reibungs- oder Inductionsapparate zur Zündung benutzt werden, die sogenannten Funken- oder Spaltzünder und bei Strömen von geringer Spannung, also bei Verwendung von magneto- und dynamo-elektrischen Maschinen und galvanischen Batterien Glühdrahtzünder. Bei den ersteren sind in die, meistens in einer Kupferhülse befindliche Zündmasse a (Figur 46) die kupfernen Leitungsdrähte bb eingeführt und soweit einander genähert, daß zwischen ihren Spitzen nur ein ganz kleiner Spalt verbleibt; bei den Glühdrahtzündern sind die Spitzen dieser Leitungsdrähte durch einen ganz dünnen Platin- oder Neusilberdraht von 6 mm Länge miteinander verbunden.*)

Fig. 46.



Schließlich ist noch hervorzuheben, daß versagte Schüsse niemals ausgebohrt werden dürfen, sondern durch in der Nähe abgefeuerte Schüsse zur Explosion gebracht werden müssen.

Sind Felsmassen von bedeutendem Inhalte durch eine einzige Sprengung abzulösen, so werden Minenschachte von etwa 1·5 m im Quadrat hergestellt, welche sich unten zu Minenkammern erweitern. Nach Einbringen der Ladung müssen alle Zugänge durch Mauerwerk, Sandsäcke u. s. w. gut verschlossen werden. Die Zündung erfolgt elektrisch. Unter Umständen können bei zweckmäßiger Anlage solcher Minen und richtiger Vertheilung der Schüsse die Gewinnungskosten

*) Näheres über elektrische Zündung siehe: Dolezalek, „Ueber Sprengmittel“, Zeitschr. des Arch.- und Ing.-Vereins zu Hannover 1887, S. 713—717.

bis auf 0·1 Mark pro Kubikmeter Gesteinsmasse herabsinken. (Vgl. auch § 2.)

§ 14. Das Absprengen mittelst Kalk.

Das von Smith und Moore zuerst angewendete Verfahren, mittelst Kalk Felsstücke abzulösen, beruht auf der bekannten Eigenschaft des gebrannten Kalkes, sich mit Wasser angenäßt, bedeutend auszudehnen. Der Vollständigkeit halber möge dieses Verfahren, welches den Vorzug besitzt, sehr billig und ganz gefahrlos zu sein, in Kürze beschrieben werden.

Mit einem Drucke von etwa 40000 *kg* wird der gebrannte Kalk in Stangenform von circa 65 *mm* Durchmesser gepreßt, nebst einer dünnen Schmiedeisenröhre s (Figur 47) in einen Leinwandbeutel eingeschlossen und letzterer in das Bohrloch von entsprechender Weite eingeschoben. Das Schmiedeisenrohr s sitzt zum Theil in dem Kalkcylinder, wie unsere Figur zeigt, und ist mit einem Längenschlitze, sowie mit zahlreichen kleinen Löchern versehen. Dieses Rohr ist so lang, daß es aus der Mündung des Bohrloches noch ein Stück herausragt; es wird mit einer Wasserdruckpumpe verbunden. Ein kurzer Lehmbesatz schließt die Bohrlochmündung gegen außen ab. Beim Einpumpen von Wasser dehnt sich der Kalk unter lebhafter Entwickelung von Dampf aus und zersprengt den Felsen. Da die Spannung der Dämpfe circa 250 Atmosphären betragen soll, so muß die Wirkung eine ganz bedeutende sein.*)

Fig. 47.

s

65 m/m

k

*) Karmarsch' und Heeren's techn. Wörterbuch, 3. Aufl., Band VIII, S. 387.

§ 15. Die verschiedenen Förderungsarten.

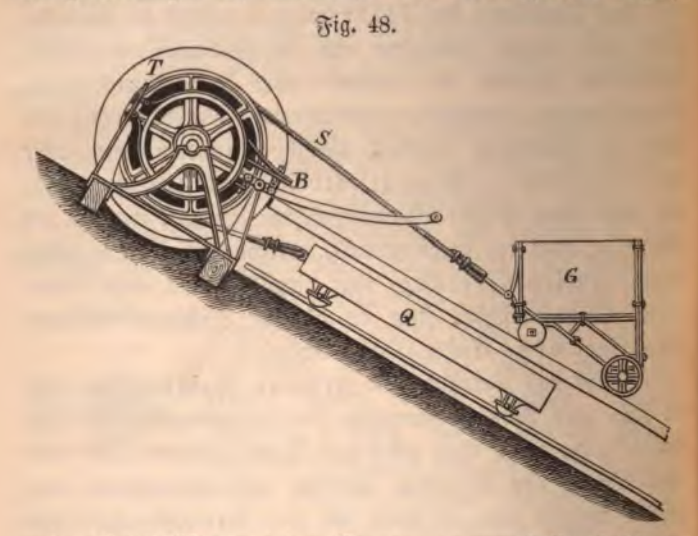
Die Art der Förderung, von deren Leistung der Fortgang und Umfang der Gewinnungsarbeiten wesentlich abhängt, richtet sich nach den Terrainverhältnissen, nach der Größe, Beschaffenheit und dem Gewichte der abgesprengten Steine, nach den verfügbaren Triebkräften, nach der Art der Bewegung (ob auf- oder abwärts, senkrecht oder schräge) u. s. w.

Der Transport der Förderwagen erfolgt bei horizontalem oder schwach geneigtem und ein gleichmäßiges Gefälle besitzendem Terrain auf normal- oder schmalspurigem, genügend starkem, verschieden construirtem Arbeitsgeleise mit Hilfe von Menschen, Pferden, Maschinen (Locomotiven) oder auf elektrischem Wege (elektrischer Bahn) oder durch eine von einer Hochdruckdampfmaschine bewegte, endlose, am Bahnende über ein hochliegendes, horizontales Rad laufende Kette (Kettenförderung) oder durch ein von einer stationären Dampfmaschine stets in gleicher Richtung bewegtes Drahtseil ohne Ende (Kabelbahn).

Besitzt das Terrain eine größere Neigung, so daß die Auf- und Abwärtsbewegung der Förderwagen auf dem Geleise nicht mehr ohne erhebliche Schwierigkeiten und nicht ohne Gefahr von Menschen, Pferden und Locomotiven ausgeführt werden kann, so wird sich eine Bremsberganlage empfehlen, besonders, wenn größere Massen nur abwärts bewegt werden sollen. Die Einrichtung eines Bremsberges ist eine verschiedene, meistens jedoch folgende (Figur 48). Ein Seil S, an welchem der auf Schienen laufende Förder-, beziehungsweise Gestellwagen G befestigt ist, wickelt sich oben auf eine Trommel T auf und trägt am anderen Ende ein unter dem Hauptgeleise auf einer besonderen Bahn laufendes Gegengewicht. Das Gegengewicht Q ist so schwer, daß es

den leeren Wagen allein hinaufzuziehen vermag. Die Bewegung des abwärts rollenden, beladenen Wagens wird durch eine Bandbremse B mit Hebelbelastung auf einer zweiten, kleineren Trommel, welche auf der Achse der größeren sitzt, regulirt. Hat das Terrain eine größere Neigung als etwa 15 bis 20 Grad (sie kann ohne Gefahr für die Förderung bis zu etwa 1 : 2 und noch darüber hinaus gehen), so ruht der Förderwagen auf einem besonderen Gestell (Gestellwagen),

Fig. 48.



anderenfalls läßt man den Transportwagen besser selbst am Seil den Berg hinablaufen. Zur Verhütung eines Ab- und Weiterlaufens des beladenen Wagens im Falle eines Seilrisses werden, zumal bei größerer Länge der Bahn, **Fangvorrichtungen**, deren Construction sehr mannigfaltig sein kann, angeordnet werden müssen.

Die auf den **Grauwackenbrüchen** (*Harzer Pflastersteinbrüchen*) zu **Wildemann** am **Harz** sich befindende

Bremsberganlage hat eine von der vorbesprochenen abweichende Einrichtung. Die Förderbahn ist zweigeleisig; auf dem einen Geleise laufen die beladenen Wagen abwärts, auf dem anderen die leeren aufwärts. Das Hinaufziehen der letzteren erfolgt durch die ersteren, so daß ein Gegengewicht unnöthig.

Sind die beladenen Förderwagen auf einer stark geneigten Bahn hinaufzuziehen, so kann man einen angemessen umgestalteten Bremsberg oder einen Seil- (beziehungsweise Ketten-) Zug anlegen. Letzterer läßt sich in verschiedener Weise construiren: mit zwei getrennten Seilen, von denen jedes einzelne durch eine besondere Maschine an den beiden Bahnenden auf- und abgewickelt wird, so daß die eine Maschine die beladenen Förderwagen heranzieht, während die andere die leeren zurückzieht, oder mit zwei getrennten Seilen, die von einer einzigen Maschine in verschiedenen Richtungen bewegt werden, oder mit einem einzigen, endlosen Seil u. s. w.

Das zweite System ist auf den Kohlensandsteinbrüchen der Herren Gebrüder Schröder in Gommern bei Magdeburg zur Ausführung gekommen. Die Förderbahn ist dort eine zweigeleisige; ihre Neigung beträgt 1:3·25. Auf dem einen Geleise werden die 2000 *kg* schweren, beladenen Wagen durch eine Fördermaschine hinaufgezogen, während die leeren, 350 bis 400 *kg* wiegenden auf dem anderen Geleise abwärtslaufen. Die nicht zu einem einzigen Seile verbundenen Förderseile wickeln sich auf zwei neben einander liegende und in das Maschinenhaus eingebaute Trommeln von circa 2·0 *m* Durchmesser auf, welche sich durch Einrückung eines einfach oder gekreuzt über die Triebwelle geschlagenen Treibriemens nach verschiedenen Richtungen drehen lassen.

Statt des Seil- oder Kettenzuges ist in einem Steinbruche bei Laufen unweit Basel auch der Zahnradbetrieb

eingeführt worden; größere Nachahmung hat jedoch diese Förderungsart in Steinbrüchen bis jetzt nicht gefunden.

Besitzt das Terrain ein sehr ungleichmäßiges Gefälle, so finden die leicht herzustellenden und billigen, von der Beschaffenheit der Erdoberfläche ganz unabhängigen Drahtseilbahnen (Luftseil- oder Hängebahnen) vortheilhafte Anwendung. Man hat sehr verschiedene Systeme, hauptsächlich aber die beiden folgenden ausgeführt. Ein fest gespanntes, an beiden Seiten verankertes und an (meistens hölzernen) Zwischenstützen aufgehängtes Drahtseil wird als Leitschiene für einen mit zwei Rollen laufenden, das Fördergefäß an Ketten tragenden Wagen benutzt, während ein zweites, mit letzterem fest verbundenes, von einer durch eine Dampfmaschine getriebenen Winde in Bewegung gesetztes Drahtseil als Triebseil dient — oder ein einziges, endloses Drahtseil, welches die Fördergefäße in einem mit ihm fest verbundenen Bügel trägt, wird auf beiden Seiten über Seilrollen geführt, deren eine durch eine stationäre Dampfmaschine gedreht wird, und der eine Seilstrang für die beladenen, der andere für die leeren Fördergefäße benutzt.

In unterirdischen Steinbrüchen geschieht die Förderung der abgesprengten Massen auf mehr oder weniger horizontalen Wegen (Streckenförderung) von den Oertern nach dem Förderschachte fast stets durch Karren (Hunde), deren Räder auf Schienen laufen und deren Fortbewegung durch Menschen oder Pferde (seltener durch Maschinen) oder auf geneigten Bahnen unter Einwirkung ihrer eigenen Schwere erfolgt.

Das senkrechte oder nahezu senkrechte Heben der Fördermassen im Schachte (Schachtförderung) wird entweder durch die Haspel, welche mittelst der Haspelzieher (Hörner) umg[illegible] wird, wobei sich das die Fördergefäße (Kübel,

Tonnen, Kasten) tragende Förderseil (Hanfseil, Kette oder Drahtseil) um den horizontal liegenden Rundbaum (die Welle) der Haspel aufwickelt, oder mittelst des Göpels bewirkt, bei welchem die Aufwickelung des aus Hanf, Aloë, Eisendraht oder Gußstahldraht gefertigten, runden oder platten (Band-) Seiles um eine senkrechte Trommel in horizontalen Ringen, die Ueberleitung aus der senkrechten Schachtrichtung des Seiles in die horizontale durch Leitrollen und die Aufwickelung durch Menschen, Pferde, hydraulische Motoren, Zwillings-dampfmaschinen oder comprimirte Luft erfolgt. An dem Förderseile der Haspel und des Göpels hängen gewöhnlich zwei Fördergefäße, so daß ein leeres an dem sich abwickelnden Ende in die Tiefe geht, während ein gefülltes emporsteigt.*)

§ 16. Die Wasserhaltung.

Die Menge des durch atmosphärische Niederschläge entstehenden unterirdischen Wassers ist abhängig von der Witterung und dem Klima, von der Beschaffenheit der Erdoberfläche und des Gebirges.

Läßt sich das Wasser durch geeignete, den Verhältnissen entsprechende Mittel, z. B. durch Ziehen von Gräben, durch Schonung wasserdichter Schichten u. s. w. nicht möglichst schnell abführen, beziehungsweise von dem Eindringen in das zu brechende Gestein abhalten, so müssen Vorkehrungen zu seiner Hebung getroffen werden.

Ist das Wasser in Sümpfen, die *in geringer Tiefe unter der Terrainoberfläche* liegen, angesammelt, so wird

*) Näheres über die verschiedenen Förderungsarten findet man in dem reich illustrirten Werke von E. Dietrich: Die Baumaterialien der Steinstraßen, Berlin 1885 (Julius Bohne), S. 110—131.

es durch Schöpfen mit Eimern oder Kübeln u. s. w. oder durch die Wurfschaufel oder Schwungschaufel beseitigt und bei etwas größerer Tiefe durch Schöpfräder, Wasserschnecken und Wasserschrauben, Hand-, Centrifugal- u. s. w. Pumpen gehoben.

Befindet sich das Wasser in großer Tiefe, so erfolgt seine Förderung mit an Seilen hängenden, geeigneten Gefäßen (Eimern, Tonnen, Kübeln), welche in den Wassersumpf eingesenkt und durch Haspel oder Göpel oder Dampfmaschinen u. s. w. emporgezogen werden, oder mittelst der Giffard'schen Dampfstrahlpumpe oder durch mehrere, über einander angeordnete Handpumpen, von denen die eine der anderen das Wasser zuhebt, oder durch Pumpen, welche von Wassersäulenmaschinen oder durch Dampf bewegt werden (Pulsometer). Ist Wasser über eine Erhöhung nach einem tiefer gelegenen Punkte zu führen, so bedient man sich am zweckmäßigsten eines Hebers.

Zweites Capitel.

Die Prüfung der natürlichen Gesteine.*)

---

§ 17. Einleitung.

Die mineralogische Zusammensetzung der verschiedenen Gesteinsarten ist eine außerordentlich mannigfache. Aber auch die einzelnen Mineralien in einer und derselben Gebirgsart wechseln häufig in Menge und Beschaffenheit. Da ferner die Gesteine unter den nach Größe und Art verschiedensten ı ßeren Einwirkungen entstanden sind, so kann es nicht überraschen, daß nicht nur die Steine verschiedener Gattungen,

---

*) Benutzte Literatur: H. Hauenschild, Katechismus der Baumateralien, I. Theil 1879, S, 179 bis 197. — Handbuch der Architektur, I. Band 1883, S. 60 bis 67 und 79 bis 90. — K. Gottgetreu, Baumateralien, I. Band 1880 S. 140 bis 170. — H. Credner, Elemente der Geologie, IV. Auflage 1878. — E. Dietrich, Baumateralien der Steinstraßen, 1885. — G. K. Strott, Baumateralien, 1878, S. 46 bis 49. — Dr. Böhme, Festigkeit der Baumateralien 1876. — Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 1884. — Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium zu München 1884. — Mehrere Journalartikel.

sondern auch die aus einer und derselben Gebirgsart, ja sogar die aus einem und demselben Bruche bezüglich ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften nicht selten bedeutend von einander abweichen.

Man wird sich durch eine sorgfältige Prüfung Kenntniß von den Haupteigenschaften der natürlichen Gesteine verschaffen müssen, nicht allein, um die einzelnen Gesteinsarten sicher von einander unterscheiden zu können, sondern auch um das für einen bestimmten Zweck brauchbarste Gestein aus den angebotenen richtig auswählen zu können. Diese Prüfung wird sich je nach der Art der Verwendung und der demgemäß an die Steine zu stellende Anforderungen zu erstrecken haben auf die Festigkeit, Dauerhaftigkeit (Frostbeständigkeit), Formbarkeit, Politurfähigkeit, Luftdurchlässigkeit (Permeabilität), Wärmeleitungsfähigkeit, Bruchfeuchtigkeit (Trockenheitszustand), Feuerbeständigkeit u. s. w., und wenn es sich um eine Erkennung oder Unterscheidung der Steine handelt, auf die chemisch-mineralogische Zusammensetzung, Härte, Homogenität, Structur, Farbe und auf das specifische Gewicht.

Diese Untersuchungen sind in vielen Fällen recht mühevoll und kostspielig. Sie erfordern zu ihrer Ausführung meistens theure, complicirte Maschinen oder ein wohleingerichtetes Laboratorium und sie können häufig nur von einem mit umfassenden Kenntnissen ausgestatteten, eine gewisse Experimentir-Geschicklichkeit besitzenden Fachmanne vorgenommen werden. Um zuverlässige Prüfungsresultate zu erhalten, wird der Steinbruchbesitzer oder Abnehmer daher schwierigere Untersuchungen nicht selbst ausführen, sondern dieselben von Prüfungsanstalten für Baumaterialien vornehmen lassen, welche unter der Leitung bewährter Fachmänner stehen und

mit allen nothwendigen modernen Hilfsmitteln der Technik und Chemie ausgestattet sind. Solcher theils staatlichen, theils privaten Anstalten giebt es bereits mehrere, wir nennen: die königliche Prüfungsstation für Baumateralien zu Berlin (Vorsteher: Dr. Böhme); die Prüfungsanstalt des Dr. Wilhelm Michaelis zu Berlin; das mechanisch-technische Laboratorium zu München (Vorsteher: Professor Bauschinger); die Prüfungsanstalt an der königlichen Baugewerkenschule zu Dresden; die Material-Prüfungsanstalt am königlichen Polytechnicum zu Stuttgart; die Prüfungsanstalt an der k. k. technischen Hochschule zu Wien (Vorsteher: Professor Jenny); die Versuchsstation und Prüfungsanstalt für Baumateralien von Hans Hauenschild.

„Die Untersuchung der natürlichen Gesteine auf ihre Festigkeit und allgemeinen Eigenschaften", schreibt Dr. Böhme in den „Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin" 1883, S. 128, „ist für den Lieferanten und Consumenten von großem Werthe, denn es wird hierdurch nicht allein für den Constructeur werthvolles Material von Coëfficienten gewonneu, sondern auch dem Consumenten die Möglichkeit gegeben, die angebotenen Materalien mit Leichtigkeit nach ihrem Werthe vergleichen und ordnen, dem Lieferanten, den Abnehmern gewisse Zusicherungen über die Eigenschaften der Steine machen und dementsprechend die Materialpreise normiren zu können.

Die Abnehmer besitzen bei größeren Lieferungen durch Control-Prüfungen in gewissen Zeitabschnitten Mittel zur Feststellung der Gleichmäßigkeit der gelieferten Steine, was für umfangreichere Bauausführungen von großem Werthe sein kann."

I. Die Festigkeit.

§ 18. Eintheilung der Festigkeit; zweckmäßigste Größe und Gestalt der Probekörper.

Unter Festigkeit eines Körpers versteht man seinen größten Widerstand gegen eine durch äußere Kräfte (Belastungen) versuchte Trennung seiner Theile. Je nach der Belastungsart und der durch die äußeren Kräfte hervorgerufenen Formveränderung unterscheidet man verschiedene Festigkeiten. Ein Körper ist beansprucht:

auf Zugfestigkeit, wenn die Belastung in seiner Längenachse wirkt und ihn zu verlängern sucht;

auf Druckfestigkeit, wenn die Belastung in seiner Längenachse wirkt und ihn zu verkürzen sucht, und wenn die Länge des Körpers im Verhältniß zu seinem Querschnitt so klein ist, daß bei dieser Belastungsweise nur ein Zermalmen des Körpers möglich ist;

auf Zerknickungsfestigkeit, wenn die Belastung in seiner Längenachse wirkt und ihn zu verkürzen sucht, wenn aber die Länge des Körpers im Verhältniß zu seinem Querschnitt so groß ist, daß durch eine fortgesetzt wachsende Belastung zunächst ein Durchbiegen und schließlich ein Zerknicken des Körpers herbeigeführt wird;

auf Biegungsfestigkeit, wenn parallele Kräfte normal zur geometrischen Achse des Körpers wirken;

auf Scheer- oder Schubfestigkeit, wenn die äußere Kraft eine Trennung des Körpers in einer Fläche herbeizuführen sucht;

auf Torsionsfestigkeit, wenn die Kraft den Körper um seine Achse zu verdrehen sucht.

Die Festigkeit der natürlichen Gesteine hängt von der mineralogischen Zusammensetzung derselben, also von der

rt der Anordnung, von der Größe, Spaltbarkeit, Härte, ohäsion u. s. w. der einzelnen Gemengtheile und von der ruchfeuchtigkeit des Gesteins ab (Sandsteine z. B. nnen durch Aufnahme von Wasser bis zu einem Drittel von rer Festigkeit einbüßen). Die Festigkeit ist daher von vielen ıctoren abhängig und bei den gemengten Steinen so ßerordentlich verschieden, daß sich Mittelwerthe schwer anben lassen.

Nach Rondelet*) sollen die Gesteine von gleicher attung, gleicher Farbe und gleichartigem Korn in ihrer ſtigkeit zunehmen, je größer ihre specifische Schwere ist. auenschild**) stellt die Regel auf: die Festigkeit der esteine steht bei gleicher mineralogischer Zusammensetzung ı umgekehrten Verhältnisse zur Porosität oder wächst mit der bnahme der Differenz zwischen dem specifischen Gewichte ıd dem Volumengewichte. Professor Gottschaldt in Chemnitz nd die Druckfestigkeit einiger Elbsandsteine im directen Verıltnisse zu ihrer Undurchlässigkeit beziehungsweise Dichtigkeit.***)

Die Annahme, daß die Druckfestigkeit der natürlichen esteine eine Function des specifischen Gewichtes sei und mit ßterem nach einem gewissen Gesetze fortschreite, sucht r. Böhme in einer Abhandlung†) zu widerlegen, in welcher die Resultate seiner mit Kalk- und Sandsteinen ausgeführten ersuche mittheilt und den Nachweis führt, daß „Kalksteine nd Sandsteine von derselben Art und von gleichem specifischem

*) Siehe: Rondelet, Art de batir, und Annales des ponts t chaussées 1833.

**) Handbuch der Architektur, 1883, I. Band S. 60.

***) Civilingenieur, 1880, S. 497 bis 502.

†) „Die Druckfestigkeit und das specifische Gewicht von Bruchteinen" in den „Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsstationen zu Berlin" 1883, S. 76.

Gewichte nicht nur eine außerordentlich verschiedene Festigkeit besitzen, sondern daß die Festigkeit specifisch leichterer Kalk- und Sandsteine vielfach größer ist als die von gleichartigen schwereren".

„Es ist also unzulässig", schreibt Dr. Böhme, „aus dem specifischen Gewichte von Kalk- und Sandsteinen einen Schluß auf deren Festigkeit zu ziehen. Das specifische Gewicht der Bruchsteine ist vielmehr eine Function des specifischen Gewichtes der in ihnen in variablen Mengen enthaltenen Körper, während ihre Festigkeit hauptsächlich von der Eigenart der Verkittung dieser kleinen Bestandtheile unter einander abhängt. Dieser Kitt ist freilich bei einer Gesteinsart eines und desselben Steinbruches derselbe, aber die durch denselben verkitteten Bestandtheile sind außerordentlich schlecht gemischt. Zieht man noch die äußeren Einflüsse, unter welchen die Steinbildung vor sich ging, in Betracht, so kann die außerordentliche Verschiedenheit zwischen dem specifischen Gewichte und der Festigkeit dieser Gesteine keineswegs überraschen.

Der höchste Grad der Festigkeit bei Sandsteinen ist bedingt, wenn die Quarzpartikel eine Frittung erfahren haben, auch wenn dadurch nicht der vollkommene Schluß aller Poren bewirkt worden ist.

So ist auch bei den Kalksteinen die Festigkeit nicht abhängig von der Dichtigkeit, sondern von der Verkittung, denn auch bei porösen leichteren Kalksteinen kann durch die Art der Verkittung der Partikel eine festere Verbinduug vorhanden sein als bei den dichten Steinen, die weniger stark bindende Zwischenglieder enthalten.

Ganz unvergleichbar mit einander sind Steine von plutonischem und solche von neptunischem Ursprung; poröse harte Laven z. B., wesentlich leichter als sedimentäre Kalk- und Sandsteine, pflegen eine größere Druckfestigkeit als letztere zu besitzen."

Sehr wünschenswerth ist es, die natürlichen Gesteine so zu verwenden, daß sie nur auf Druckfestigkeit beansprucht werden, weil sie einer Druckkraft einen bedeutend kräftigeren Widerstand entgegen setzen können als z. B. einer Zug- oder Schubkraft.

Um seine Druckfestigkeit zu bestimmen, wird der Probekörper mittelst eines geeigneten Hebelwerkes oder einer hydraulischen Presse einem gleichmäßig über seine Stirnfläche vertheilten, sich allmälich steigernden Drucke ausgesetzt. Die Druckfestigkeit wird immer auf das Quadratcentimeter bezogen und in Gewichtseinheiten ausgedrückt; es stellt also die Druckfestigkeit den Maximaldruck in Kilogrammen pro 1 cm^2 Druckfläche dar.

Die Größe der Druckfestigkeit hängt nicht nur von der Größe, Menge und Beschaffenheit der den Stein bildenden Mineralien, also von der mineralogischen Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften, sondern auch von dem Format und der Art und Weise der Bearbeitung des Steines ab. Rohbehauene Bruchsteine haben eine geringere Druckfestigkeit als sauber bearbeitete oder geschliffene von gleichem Querschnitt und gleichem Inhalte. Böhme fand z. B., daß Granitstücke aus den Steinbrüchen von Nabburg in Bayern im rohbehauenen Zustande bei einem Drucke von 623·2 *kg* (Mittelwerth aus 6 Versuchen) pro Quadratcentimeter zerstört wurden, während solche im sauber bearbeiteten und geschliffenen Zustande eine Druckfestigkeit von 1095 *kg* pro Quadratcentimeter (Mittelwerth aus 12 Versuchen) zeigten. Nach Dietrich wurde z. B. ein Sandsteinwürfel von 6 *cm* Seite (also 36 cm^2 Druckfläche) bei einem Drucke von 1016 *kg* pro Quadratcentimeter zerdrückt, während ein aus dem gleichen Materiale gefertigter Würfel von 10 *cm* Seite (100 cm^2 Druckfläche) eine Druckfestigkeit von nahezu 1300 *kg* pro Quadratcentimeter besaß.

Nach Rondelets umfangreichen Untersuchungen zeigte sich der Widerstand gegen das Zerdrücken auch abhängig von der Gestalt der gedrückten Grundfläche: den größten Widerstand setzten Probekörper mit kreisförmiger Grundfläche der Druckkraft entgegen, geringer war der Widerstand bei Steinen mit quadratischer Grundfläche, noch geringer bei solchen mit rechteckiger, und zwar verhielten sich die Widerstände beim Kreis, Quadrat und Rechteck zu einander wie 917 zu 806 zu 703.

Bauschinger fand bei den von ihm mit natürlichen Gesteinen angestellten Untersuchungen Folgendes:

„Die Hauptgestalten der Bruchstücke beim Zerdrücken von Steinmaterial aller Art sind ausnahmlos der Keil und die Pyramide beziehungsweise der Kegel beim Cylinder, deren Grundflächen in den gedrückten Stirnflächen liegen; dann die Platten, welche an den Seitenflächen abgesprengt werden. Bei Prismen oder Cylindern von der Würfelhöhe bilden sich allemal zwei Pyramiden, beziehungsweise Kegel, die, von den beiden Druckflächen hineinragend, sich gegenüberstehen und manchmal von ganz gleicher Höhe, öfter aber von verschiedener, manchmal, besonders bei sehr hartem Gestein, von sehr verschiedener Höhe sind. Die Höhe dieser Bruchstücke wird kleiner und kleiner, wenn die Höhe des Probestückes unter die des Würfels herabgeht, und ebenso wird auch ihre Grundfläche, die beim Würfel stets noch gleich der gedrückten Stirnfläche ist, allmälich kleiner. Bei Probestücken, deren Höhe nur noch ungefähr ein Drittel der Würfelhöhe ist, sieht man, wie sich die Seitenplatten zuerst fast ganz ablösen, wie aber der Kern, den sie umgeben, einen mehr und mehr wachsenden Druck recht gut aushält, bis endlich auch er plötzlich zermalmt wird; unter seinen Bruchstücken finden sich dann immer, wenn auch oft nur sehr kleine Pyramiden. Tritt

endlich die Höhe des Probestückes bis auf ein Viertel der Würfelhöhe und noch weiter herab, dann gelingt das Zerdrücken auch bei verhältnißmäßig geringer Größe derselben selten mehr und nur dann, wenn es möglich ist, ungeheuer große Druckkräfte auszuüben.

„Wenn die Höhe der Probestücke über die des Würfels hinauswächst, so behalten die Bruchstücke anfangs noch, bis ungefähr zur $1^1/_2$fachen Würfelhöhe, die Pyramiden-, beziehungsweise die Kegelform bei wachsender Höhe dieser Gestalten und bei abnehmender Druckfestigkeit bei; allmälich aber gehen die Pyramiden sowohl als die Kegel in Keile über, die schon bei Probestücken von doppelter Würfelhöhe immer auftreten und deren Länge langsam mit der des Probestückes zunimmt, wobei die Druckfestigkeit, wenn auch langsam, doch sicher geringer wird. Bei einer gewissen Grenze, die bei verschiedenen Materialien verschieden sein wird und die bei der Untersuchung von feinkörnigem Sandsteine bei der vier- bis fünffachen Würfelhöhe sich fand, hört das Wachsen der Keile in der Länge auf, obwohl das Abnehmen der Druckfestigkeit noch fortdauert; allem Anscheine nach gewinnt bei größeren Höhen die Biegung der Probestücke einen merkbaren Einfluß."*)

Auf die Resultate der Prüfung ist natürlich auch die Construction der Prüfungsmaschinen, die Art der Auflagerung der Probekörper und die Ausführung der Untersuchung (ob z. B. die Zunahme des Druckes vollständig gleichmäßig oder nur stoßweise erfolgt u. s. w.) von großem Einflusse.

Nur dann können die aus den Prüfungen resultirenden Zahlen einen Werth besitzen, wenn für alle Steinunter-

---

*) Siehe: Gottgetreu, Baumaterialien, III. Aufl., I. Band S. 162 und 163.

suchungen auf allen Prüfungsanstalten genau dieselbe Größe und Gestalt und die gleiche Bearbeitung der Probestücke verlangt und Maschinen gleicher Construction benutzt werden. Es ist anzuerkennen, daß die Prüfungsanstalten in neuester Zeit eine Verständigung hierüber angebahnt haben.

Um zuverlässige Festigkeits-Coëfficienten zu erhalten, ist es ferner nothwendig, daß eine größere Zahl von Prüfungen mit derselben Gesteinsmasse vorgenommen wird; für gewöhnliche Druckprüfungen dürften in den meisten Fällen 8 bis 10 Versuche ausreichen.

Die Probestücke, welche aus verschiedenen Stellen des Steinbruches zu entnehmen sind und frei von Rissen sein müssen, erhalten für Druckprüfungen am besten die Würfelform; ihre Flächen müssen eben und parallel zubehauen, sowie zwei gegenüberliegende, zur Aufnahme des Druckes bestimmte Flächen auf guten Planscheiben geschliffen sein. (In der königlichen Prüfungsstation zu Berlin erfolgt die Herrichtung der Proben zu den Druckversuchen mittelst einer Steinsäge mit Kraftbetrieb und die Justirung derselben auf einer Hobelmaschine mit Doppelsupport und Diamantstichel.)

Für die Untersuchung auf Zerknickungsfestigkeit erhalten die Steine am zweckmäßigsten die Gestalt eines rechtwinkeligen Parallelepipedums, für die auf Biegungsfestigkeit die Plattenform.

In den „Vorschriften für die Benutzung der königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien zu Berlin“ vom 3. Februar 1888 werden die dieser Anstalt zu den verschiedenen Untersuchungen einzusendenden Probestücke in folgender Zahl und Beschaffenheit verlangt.

I. Zur Prüfung der Druckfestigkeit: 8 bis 10 gesch[illegible]cht behauene, auf zwei Lagerflächen genau parallel [illegible]rbeitete Proben. Dieselben müssen haben:

1. Für die Würfelform:

) bei leichten Gesteinsarten: 7·1 . 7·1 . 7·1 *cm*;

) bei mittelfesten Gesteinsarten: 6 . 6 . 6 *cm*;

) bei sehr festen Gesteinsarten: 5 . 5 . 5 *cm*.

2. Für die Plattenform:

) bei leichten Gesteinsarten: 10 . 10 . 10 *cm*;

) bei mittelfesten Gesteinsarten: 6 . 6 . 3·6 *cm*;

) bei sehr festen Gesteinsarten: 5 . 5 . 3 *cm*.

3. Für die Pfeilerform bei allen Gesteinsarten: 0 . 10 . 40 *cm*.

(Die unter 2 und 3 angegebenen Formen kommen nur ür Bruchsteine, die zu Hochbauzwecken Verwendung finden ollen, außer der Würfelform zur Anwendung.)

II. Zur Prüfung des Wasseraufnahmebestrebens: 0 Stück Würfel wie unter I, 1 angegeben.

III. Zur Prüfung der Wasseraufnahme, Cohä- ionsbeschaffenheit, Wetterbeständigkeit, des speci- ischen Gewichtes und des Härtegrades: 12 Stück Würfel wie unter I, 1 angegeben und zwei Bruchstücke von ·5 bis 2 *kg* Gewicht.

IV. Zur Prüfung der Bruchfestigkeit: 10 Stäbe on 36 . 5 . 5 *cm*, auf zwei gegenüberliegenden Flächen von 36 . 5 *cm* parallel und eben bearbeitet.

V. Zur Prüfung der Feuerbeständigkeit und hierauf folgender Prüfung der Druckfestigkeit: 12 Würfel wie unter I, 1 angegeben.

VI. Zur Prüfung der Abnutzbarkeit: 2 Würfel von 7·1 *cm* Seite, wie unter I, 1 a angegeben.

§ 19. Die Festigkeitsmaschinen.

Zur Prüfung der Gesteine auf Druckfestigkeit werden in neuester Zeit fast nur noch hydraulische Pressen verwendet. Die Druckplatten der hydraulischen Pressen müssen mit Kugellagerung versehen sein und es dürfen Zwischenlagen (Cartonpapier, Bleiplatten, Filzplatten u. s. w.), mit welchen man eine gleichmäßige Vertheilung des Druckes auf die ganze Fläche des Steines herbeizuführen sucht, nicht benutzt werden, weil solche Zwischenlagen nicht nur zwecklos sind, sondern auch Seitenspannungen erzeugen.

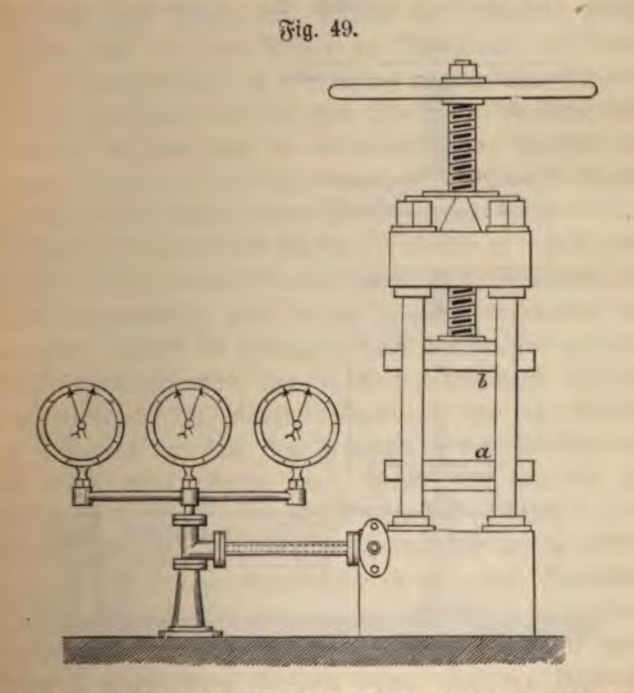
Eine Presse, welche bereits von einer großen Zahl von staatlichen und privaten Versuchsanstalten benutzt wird, baut die Maschinenfabrik von Brinck und Hübner in Mannheim in vier verschiedenen Größen, und zwar für einen Druck von 10000, 60000, 120000 und 150000 *kg*.

Die Construction dieser Prüfungsmaschine, welche in den Figuren 49 und 50 in zwei Ansichten dargestellt, ist im Allgemeinen folgende.

Der untere Theil der Maschine besteht aus zwei durch einen Canal miteinander verbundenen und mit Glycerin gefüllten Cylindern. Beide Cylinder sind mit entsprechenden Kolben versehen, welche auf sehr einfache, sichere Weise abgedichtet sind und von denen der größere verticale die viereckige Preßplatte a trägt. Die obere Preßplatte b hängt in einem Kugelgelenk an einer Schraube und ist in der Höhe verstellbar. Zwischen diesen beiden Platten wird nun der zu untersuchende Körper eingespannt, wobei der horizontale Kolben ganz herausgeschraubt sein muß. Durch langsames Eindrehen des kleinen Kolbens in seinen Cylinder wird die in letzterem enthaltene Flüssigkeit (Glycerin) verdrängt und unter den großen Kolben gepreßt; letzterer überträgt nun den

erzeugten Druck auf das Probestück. Der Druck erfolgt ganz langsam und allmählich ohne jeden Stoß und wird durch 3 Manometer (Figur 49) angezeigt, die ebenfalls mit der Glycerinfüllung der Cylinder in Verbindung stehen. Das eine Manometer ist abstellbar und hat eine besonders große Thei-

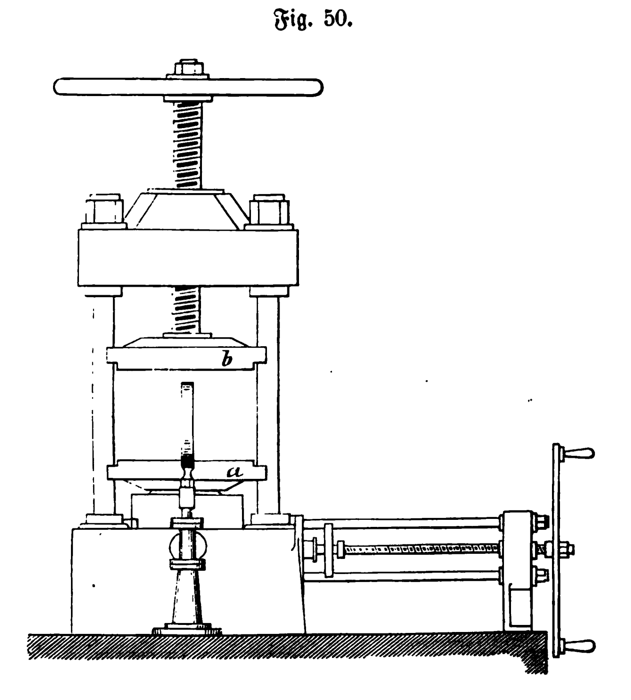
Fig. 49.



lung zum Ablesen des Druckes bis etwa 50 Atmosphären; das zweite Manometer zeigt bis 300 Atmosphären; das dritte, mittlere, dient lediglich zur Controle. Alle Manometer haben Maximumzeiger, welche stehen bleiben, sobald der Probekörper nur im geringsten durch den auf ihn ausgeübten Druck verletzt wird, auch wenn eine solche Verletzung durch das Auge

noch nicht erkennbar ist. — Der Durchmesser des großen Kolbens ist so gewählt, daß eine Umrechnung des Atmosphärendruckes in absolute Belastung des Probestückes, ausgedrückt in Kilogrammen, sehr bequem ist.

Fig. 50.



Diese Maschine giebt sehr rasche und genügend genaue Resultate; sie kostet je nach den Dimensionen der Preßplatten circa 650 bis 1650 Mark.

Die von Ludwig Werder construirte und von der Maschinenbau-Actiengesellschaft Nürnberg (vormals Klett und Comp.) gebaute Universal-Festigkeitsmaschine

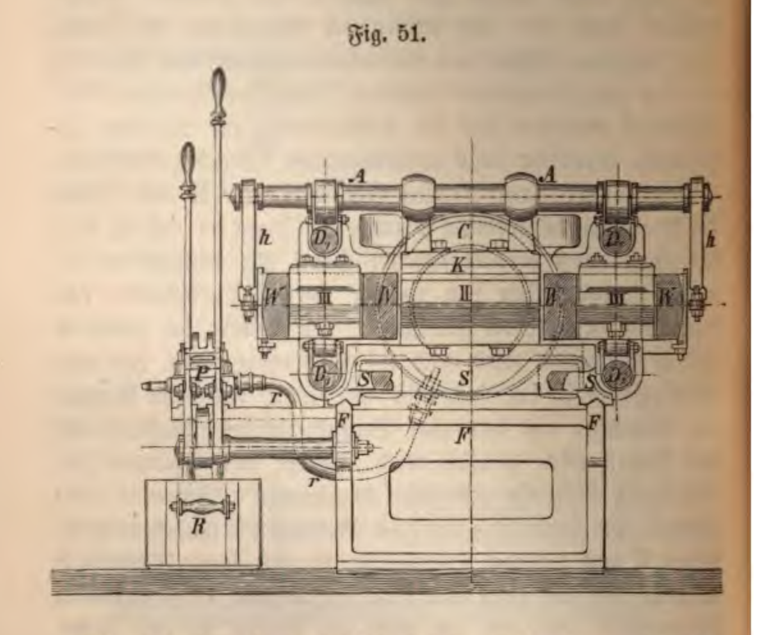
dient nicht allein zur Prüfung auf Zug-, Druck-, Zerknickungs- und Biegungsfestigkeit, sondern auch zur Feststellung der Scheer- und Torsionsfestigkeit verschiedener Materialien. — Die Maschine*) besteht aus einer hydraulischen Presse, mit welcher ein Druck von 100000 *kg* ausgeübt werden kann, und aus einer Wage zum Messen des Druckes. Hierzu kommen noch die zum Prüfen der Materialien auf Druck, Zug, Biegung, Schub und Verdrehung erforderlichen Apparate und ein zum Heben der einzelnen Theile der Maschine beim Montiren derselben und der verschiedenen, zur Maschine gehörenden Apparate beim Experimentiren dienender Laufkrahn.

Die über einem kleinen Wasserreservoir R und seitlich der Maschine angeordnete Pumpe P (Figur 51 auf S. 94.) hat zwei, durch vertical stehende Hebel mit Handgriffen bewegte Pumpenkolben von 30 und 10 *mm* Durchmesser, von denen der größere bei geringerem, der kleinere bei größerem Drucke verwendet wird, und ein Wasserablaßventil. Auf dem Preßcylinder ist ein Luftventil angebracht, das beim Beginne des Pumpens und bis zum Heraustritt des Wassers aus dem Ventil offen gelassen wird. Pumpe und Cylinder sind mit einem S-förmig gebogenen Kupferrohr r (Figur 51) verbunden. Der gußeiserne, mit einer Messinghülse umgebene Preßkolben K von 300 *mm* Durchmesser ist auf einem Schlitten S befestigt, der auf einer mit dem Preßcylinder C verbundenen Führung F läuft und am Ende ein kleines, in eine Zahnstange Z eingreifendes Getriebe besitzt. Auf der Achse des Getriebes ist ein Hebel befestigt und mit diesem ein Handrad r_1 durch eine Feder verbunden, durch welches der durch die Pumpe herausgetriebene Preßkolben wieder zurückgeschoben

*) Auszug aus einer dem Verfasser von der Direction obengenannter Maschinenfabrik zur Benutzung zugestellten Broschüre, welche mit acht Blatt Zeichnungen ausgestattet ist.

werden kann. Die Zahnstange ist mit einem Steg der Führung F drehbar verbunden und auslösbar angeordnet, weil beim plötzlichen Bruche eines mit großem Drucke geprüften Materiales durch die plötzliche Erschütterung Zahnstange und Getriebe leiden. Für den Fall, daß die Zahnstange nicht aus-

Fig. 51.



gelöst wird, kann das Getriebe bei der besprochenen Verbindung des Handrades mit der Achse des Getriebes einer durch plötzliche Erschütterung eintretenden Zahnstangenbewegung folgen, ohne augenblicklich das Handrad zu bewegen, durch dessen Trägheit die Zähne würden gefährdet werden.

Der Wagebalken W, dem Principe nach ein Winkelhebel, besteht aus einem starken Gußstück mit einer 360 *mm*

langen horizontalen, aus gehärtetem Gußstahl bestehenden Schneide I. An dem gegenüberliegenden Preßkolben ist ein gleiches, nur statt der Schneide eine schmale Fläche besitzendes und mit letzterer die Schneide I berührendes Stahlstück II angeordnet (Fig. 52, S. 104 u. 105). Zu beiden Seiten der Schneide I befinden sich in zwei viereckigen, vertical durch W gehenden Löcher zwei entgegengesetzte, 190 *mm* lange horizontale Stahlschneiden III (Figur 51), welche mit I in einer Verticalebene, jedoch um 3 *mm* höher als die Schneide liegen (Punkt 3 des Winkelhebels, Figur 53). Bei einem Drucke auf I (Punkt 1) wird W, während die seitlichen Schneiden im Punkt 3 festgehalten werden, sich so bewegen, daß der an dem Wagebalken angebrachte lange Hebel H die an einem Ende (Punkt s) hängende Wagschale Sch hebt. Der horizontale Hebelarm von W ist von Punkt 1 bis 5 1500 *mm*, der verticale, durch die Höhendifferenz der seitlichen (Punkt 3) mit der mittleren Schneide (Punkt 1) gebildete Hebelarm 3 *mm* lang, so daß das Hebelverhältniß dieses Winkelhebels 1 : 500 ist.

An zwei kleinen, durch Schrauben verstellbaren, horizontal und vertical genau in einer Linie mit der mittleren Schneide I liegenden Stahlschneiden ist der Wagebalken W mit zwei Bügeln und zwar an beiden Enden einer, durch ein auf den Preßkolben geschraubtes Lager getragenen Traverse A aufgehängt (Figur 51) und seine Masse so vertheilt, daß er, in seinem Drehungspunkte aufgehängt, frei horizontal schwebt. Diese Horizontalstellung wird durch eine auf der oberen gehobelten Fläche befestigte Libelle genau angezeigt.

Durch die zu beiden Seiten der Schneide I liegenden Löcher gehen zwei verticale, schmiedeiserne Querbalken D, die zwei entsprechend gehärtete Gußstahlstücke IV mit schmalen Flächen tragen, gegen welche die Stahlschneiden III drücken, und durch je zwei schmiedeiserne Horizontalstangen D_1 mit

einem starken, zur Befestigung der zum Prüfen nöthigen Einspannstücke, Zangen, Charniertheile u. s. w. dienenden Querstück G verbunden sind. Die vier Stangen D_1 mit G und den beiden verticalen Querbalken D bilden somit ein Ganzes und sind mit Bügeln und Ringen — und zwar die beiden unteren Stangen an zwei zu beiden Seiten vom Schlitten S befindlichen Zapfen, die beiden oberen an der durch den Preßkolben getragenen Traverse A — aufhängt.

Wird Wasser in den Cylinder gepumpt, so bewegen sich mit dem Kolben K der mit ihm verschraubte Schlitten S, der Wagebalken W und die vier Stangen D_1 mit dem Querbalken D und dem Querstück G. *Auf das Spiel der Wage ist die Reibung des Kolbens ohne Einfluß;* hierin liegt ein wesentlicher Vorzug dieser Anordnung vor anderen Constructionen, bei welchen erst durch geeignete Vorrichtungen die Kolbenreibung bestimmt werden muß.

Von größter Wichtigkeit ist selbstverständlich die richtige Stellung der Schneiden I und III zu einander: ihre Höhendifferenz muß genau den fünfhundertsten Theil des horizontalen Hebelarmes (3 *mm*) betragen. Da dieses Resultat durch Messen nicht genau genug zu erzielen ist, so ist eine Controlwage angebracht, welche aus zwei Winkelhebeln w, deren Drehpunkte v auf den an beiden Seiten des Schlittens S befestigten Pfannen v ruhen, den Hängestangen l und der gemeinschaftlichen Wageschale k besteht (Figur 52). Letztere hängt an den Stangen l an den Enden x der 350 *mm* langen Hebelarme. Die Enden der verticalen, 35 *mm* langen Hebelarme y drücken auf zwei an G befestigte Stahlbacken y. Der Stützpunkt des großen Hebels (1 in Figur 53) liegt, wie bemerkt, am Preßkolben, der des kleinen (v) an dem mit dem Kolben fest verbundenen Schlitten S. Punkt y des kleinen

ht mittelst des Querstückes G, der Stangen D_1

und der Querbalken D an den Schneiden III (Punkt 3 des größeren Hebels) und zwar mit der zehnfachen Wirkung des auf k liegenden Gewichtes an dem mit dem fünfhundertfachen Gewichte auf Sch belasteten Punkt 3. Soll die Hebelübersetzung

Fig. 53.



von 1 : 500 richtig sein, so muß das Gewicht auf Sch dem $^{500}/_{10}$ = fünfzigfachen Gewicht auf k das Gleichgewicht halten und W zur Horizontalstellung bringen. Die Schneide I ist daher so lange zu reguliren, bis die Libelle Horizontalstellung anzeigt, und dieses Reguliren erfolgt sehr genau durch die mittelst Schrauben horizontal verstellbaren und dabei als Keile auf die schräge Fläche des die Schneide I tragenden Stahlfutters wirkenden Backen b.

a) **Prüfung auf Zugfestigkeit.** Am Preßcylinder sind vier prismatische, parallel und horizontal laufende, an den Enden durch starke Rippen verbundene und auf einen Fuß montirte Barren B angegossen, auf welche sich das auf zwei ⊥förmig gehobelten Bahnen T verschiebbare, sternförmige, starke Gußstück G_3 stützt (Fig. 52, S. 104 u. 105). Der von der Länge des zu prüfenden Steinstückes abhängige Zwischenraum zwischen G_3 und B wird durch die Zwischenstücke Z ausgefüllt. G_3 und G tragen schmiedeiserne Charnierbolzen x^1, mit denen zwei Zangen aus Gußstahl y verbunden sind, welche die Enden des zu prüfenden flachen Stückes festhalten. Diese Zangen besitzen schwalbenschwanzförmige Einschnitte, in welchen der Probekörper zwischen zwei gehärteten Gußstahlbacken liegt, die auf der dem Probekörper zugekehrten Seite gezahnt sind und sich,

an den schrägen Zangen gleitend, in dasselbe eindrücken. (In unserer Figur ist der Probekörper ein Flacheisen; bei der Prüfung eines Steines auf Zugfestigkeit werden Zangen mit weiterer Oeffnung benutzt).

Das Messen der Ausdehnung des Probekörpers geschieht auf folgende Weise. Auf die beiden Enden des zu prüfenden Gegenstandes sind zwei kleine Lager i_2 — das eine mit einer Schneide, das andere mit einer Rolle nebst Zeiger und eingetheiltem Segment versehen — gesetzt und durch eine darüber gelegte Holzlatte i_3 mit einander verbunden. Dehnt sich nun der Probekörper aus, so entfernen sich die beiden Lager von einander und es dreht die durch die Schneide des einen festgehaltene Holzlatte die Rolle des anderen Lagers. Diese Bewegung giebt der Zeiger am eingetheilten Segment in zehnfacher Vergrößerung an, weil die Zeigerlänge gleich dem zehnfachen Rollenradius ist. Wenn die Prüfung bis zum Zerreißen fortgesetzt wird, so bleibt der Meßapparat an zwei, von gußeisernen Lagern i gehaltenen horizontalen Stangen hängen.

Prüfung auf Druckfestigkeit beziehungsweise Zerknickungsfestigkeit. In die zu beiden Seiten des Querstückes G angebrachten flachen Schlitze passen die Enden von je zwei starken, durch gedrehte Bolzen mit G verbundenen Zugstangen s. Diese vier Zugstangen verbinden G mit einem am Ende der gehobelten Bahn T auf vier Rollen laufenden, starken, horizontalen, in der Mitte mit einer kugelförmigen Vertiefung versehenen Querbalken Q (Figur 54, S. 104 u. 105). Mit diesem ist durch eine Schraube eine in diese Vertiefung passende, vorn ebene Platte p mit kugelförmiger Erhöhung, deren Mittelpunkt in der ebenen Fläche der Platte liegt, verbunden. In derselben Weise ist eine zweite Platte mit dem auf T verschiebbaren Gußstück G_2 verbunden. Zwischen diese beiden Platten wird

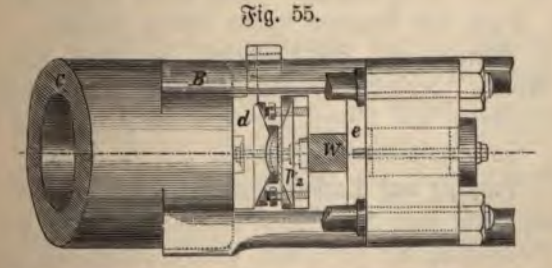
der Probekörper gebracht. Ist der zu prüfende Gegenstand kurz, so kann der Zwischenraum zwischen den beiden Platten durch eine entsprechende Anzahl von zwischen G_2 und die Maschine einzusetzenden Zwischenstücken Z verringert werden. Die beweglichen Platten p und p_1 stellen sich bei einem geringen Druck mit der Pumpe nach den Grundflächen des Probekörpers und können dann durch vier Stellschrauben in der angenommenen Lage festgehalten werden.

Das Messen der Ausbiegung des Probekörpers erfolgt durch an beiden Enden und in der Mitte desselben angebrachte, durch Klemmschrauben mit T verbundene, je nach dem Querschnitte des Probekörpers vertical verstellbare und mit horizontalem und vertikalem Zeiger nebst entsprechenden eingetheilten Segmenten versehene Meßapparate, deren Construction ziemlich complicirt ist.

Zur Bestimmung der Verkürzung des geprüften Gegenstandes kann der bei dem Apparate für Zugfestigkeit beschriebene Meßapparat benutzt werden.

Um kurze Stücke (z. B. Sandstein- oder Granitwürfel) direct zwischen den Boden des Cylinders C und das

Fig. 55.



Querstück G bringen zu können, wird an den am Cylinder angegossenenen Barren B (Figur 55) eine Platte d mit *kugelförmiger* Vertiefung aufgehängt, die am Boden des

Preßcylinders C anliegt und mit einer zweiten, beweglichen Platte p_2 ganz in derselben Weise verbunden ist, wie die oben beschriebene Platte p mit dem Querbalken Q. An G wird eine, die in der Mitte befindliche Oeffnung deckende Platte e geschraubt und zwischen diesen Platten der Steinwürfel W gepreßt.

c) **Prüfung auf Biegungsfestigkeit.** Der 3·5 m lange, hohle Querbalken G_1 (Figur 56, S. 104 u. 105) wird durch die Träger T getragen und stützt sich gegen die Maschine. Zwei Lager L mit auf G_1 verschiebbaren und mit diesem Querbalken in beliebiger Entfernung voneinander durch Schrauben zu verbindenden Rollen besitzen unten Verlängerungen, auf welche der Probekörpers W mit Benutzung provisorischer Unterlagen aufgelegt werden kann. Der mit vier Rollen auf T laufende kleine Wagen M wird durch zwei Zugstangen n mit G verbunden und trägt auf der dem Probekörper zugekehrten Seite ein verticales Stahlprisma m mit stumpfer Kante. Wird Wasser in den Cylinder gepumpt, so bewegt sich mit G auch M in der Richtung des Pfeiles und bewirkt die Durchbiegung des Probekörpers W. Zum Messen der letzteren kann das bei dem Apparate für Zugfestigkeit beschriebene kleine Lager mit Rolle, Zeiger und Segment wieder benutzt werden.

d) **Prüfung auf Schubfestigkeit.** Zu dieser sind zwei mit Messern ausgestattete Gußstücke an dem Wagen m beziehungsweise dem Querbalken G_1 befestigt, zwischen deren Messer das abzuscheerende Probestück gebracht wird.

e) **Prüfung auf Torsionsfestigkeit** findet bei natürlichen Gesteinen nicht statt. Aus diesem Grunde sehen wir hier von einer Besprechung des zu solchen Untersuchungen an anderen Materialien nothwendigen Apparates ab.

§ 20. Classification der natürlichen Gesteine nach der Größe ihrer Druckfestigkeit.

In der vom Verbande deutscher Architekten und Ingenieure herausgegebenen und von Bauschinger, A. Funk und Hartig bearbeiteten „Denkschrift über die Einrichtung von Prüfungsanstalten und Versuchsstationen von Baumateralien, sowie über die Einführung einer staatlich anerkannten Classification für Steinmateralien" (Berlin 1878) wird Folgendes bezüglich der Druckfestigkeit der natürlichen Gesteine bemerkt:

„Die für jede Qualitätsclasse angegebenen Zahlen für Druckfestigkeit sind als Minimalzahlen zu verstehen, welche von dem Material, das in diese Classe gezählt werden soll, mindestens erreicht oder überschritten werden müssen. Steine, deren Festigkeit unter die Minimalzahl der letzten Qualität der betreffenden Materialgattung fällt, sind nicht mehr qualificirbar, sie sind in der Regel auch nicht mehr als verlässiges Baumaterial anzusehen und sollten auch nicht mehr oder doch nur nach sorgfältigster Prüfung nach allen Richtungen hin verwendet werden."

„Die Druckfestigkeit natürlicher Gesteine soll stets an Probekörpern in Würfelform bestimmt werden, und zwar in der Richtung senkrecht zum Lager, wo dieses erkennbar ist. Zwei gegenüberliegende Seitenflächen dieses Würfels sind, wenn nöthig mit dem Diamant, auf einer Handhobelmaschine genau eben und parallel zu hobeln. Diese liegen bei der Probe direct ohne Zwischenlagen an genau eben gehobelten Druckplatten aus Hartguß, von denen eine, im Kugelgelenk beweglich, sich von selbst parallel zur anderen stellt."

„Unter Druckfestigkeit ist die auf das Quadratcentimeter bezogene Belastung, welche den völligen Bruch herbeiführt,

zu verstehen. Das Erscheinen der ersten Risse, der Beginn der Zerstörung, ist zu sehr von der Genauigkeit der Bearbeitung des Probestückes und seiner Anlage an den Druckplatten abhängig, als daß es für ein sicheres Mittel zur Beurtheilung der Festigkeit genommen werden könnte."

1. Versteinerungslose Felsarten: Granit, Diorit, Grünstein, Syenit, Syenit-Granit, Glimmerschiefer u. s. w.

Qualität I. Mit dem Meißel schwer oder nicht bearbeitbar, daher meist nur zu Pflasterungsmaterial verwendet; Minimaldruckfestigkeit 1600 *kg* pro 1 cm^2.

Qualität II. Ziemlich schwer bearbeitbar, aber doch schon zu Säulen u. s. w. verwendet; Minimaldruckfestigkeit 1200 *kg* pro 1 cm^2.

Qualität III. Gut bearbeitbar und vorzüglich als Haustein-Mauerwerk verwendet; Minimaldruckfestigkeit 1000 *kg* pro 1 cm^2.

Qualität IV. Für geringere Sorten Bausteine; Minimaldruckfestigkeit 800 *kg* pro 1 cm^2.

2. Kalksteine, als: Marmor, Dolomit, Muschelkalk, Nummuliten-Kalkstein u. s. w.

Qualität I. Die Druckfestigkeit steigt besonders bei den älteren Muschelkalken bis 1600 *kg* pro 1 cm^2 und darüber; diese sind aber dann schwer zu bearbeiten und dienen hauptsächlich nur als Straßenschotter; Minimaldruckfestigkeit 1000 *kg* pro 1 cm^2.

Qualität II. Minimaldruckfestigkeit 800 *kg* pro 1 cm^2.

Qualität III. Minimaldruckfestigkeit 500 *kg* pro 1 cm^2.

Unter die letzte Grenze fallen nur noch die weicheren Kalksteine jüngerer und jüngster Formation, die zum Theil och recht gute Bausteine geben, aber wegen der vorkom-

menden meist sehr großen Unterschiede in Festigkeit und Beständigkeit mit Vorsicht auszuwählen und sorgfältig zu prüfen sind.

3. Sandsteine.

Mit dem Vorbemerk, daß die Druckfestigkeit der Grauwacke, die dann aber nicht mehr bearbeitet werden kann, bis über 2000 *kg* pro 1 cm^2 steigt, und daß Molassen-Sandsteine und Findlinge der Trias bis 1500 *kg* pro 1 cm^2 kommen, setzen wir für die:

Qualität I als untere Grenze 800 *kg* pro 1 cm^2 für die Druckfestigkeit. In diese Qualitätsclasse fallen alle oben genannten Steinarten und die besten Bruch-Buntsandsteine.

Qualität II. Minimaldruckfestigkeit 600 *kg* pro 1 cm^2, die besseren und mittleren Buntsandsteine enthaltend.

Qualität III. Minimaldruckfestigkeit 400 *kg* pro 1 cm^2, die geringeren Bunt- und guten Keuper- und Schilfsandsteine in sich fassend.

Qualität IV. Minimaldruckfestigkeit 200 *kg* pro 1 cm^2, enthaltend die gewöhnlichen Keuper-, Bau- und Schilfsandsteine.

Unter letzterer Minimalzahl variirt die Festigkeit und Beständigkeit der Sandsteine ungemein mit der Güte des Bindemittels, und es ist beim Gebrauch solcher Steine mit größter Vorsicht zu verfahren.

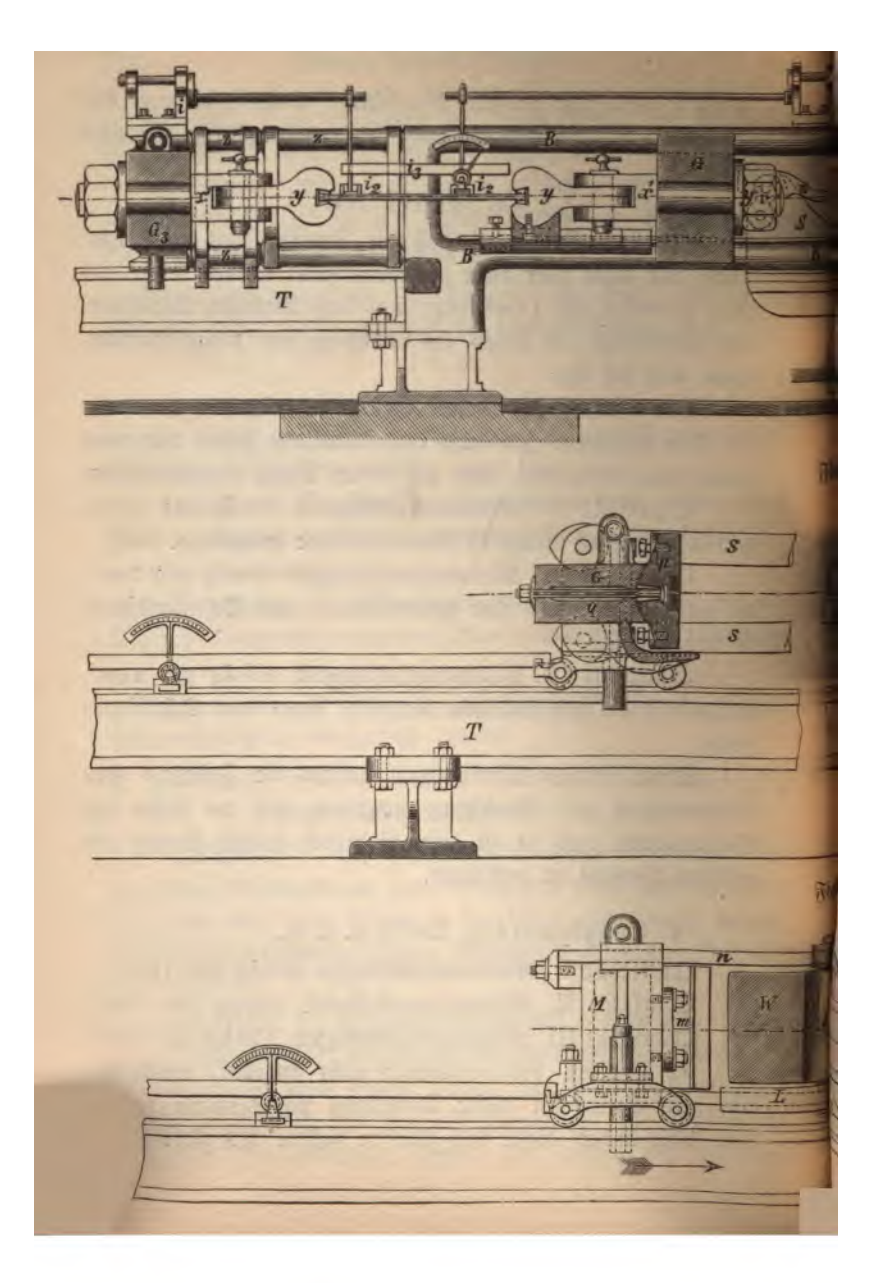
4. Conglomerate, Tuffe u. s. w.

Qualität I. Minimaldruckfestigkeit 400 *kg* pro 1 cm^2.

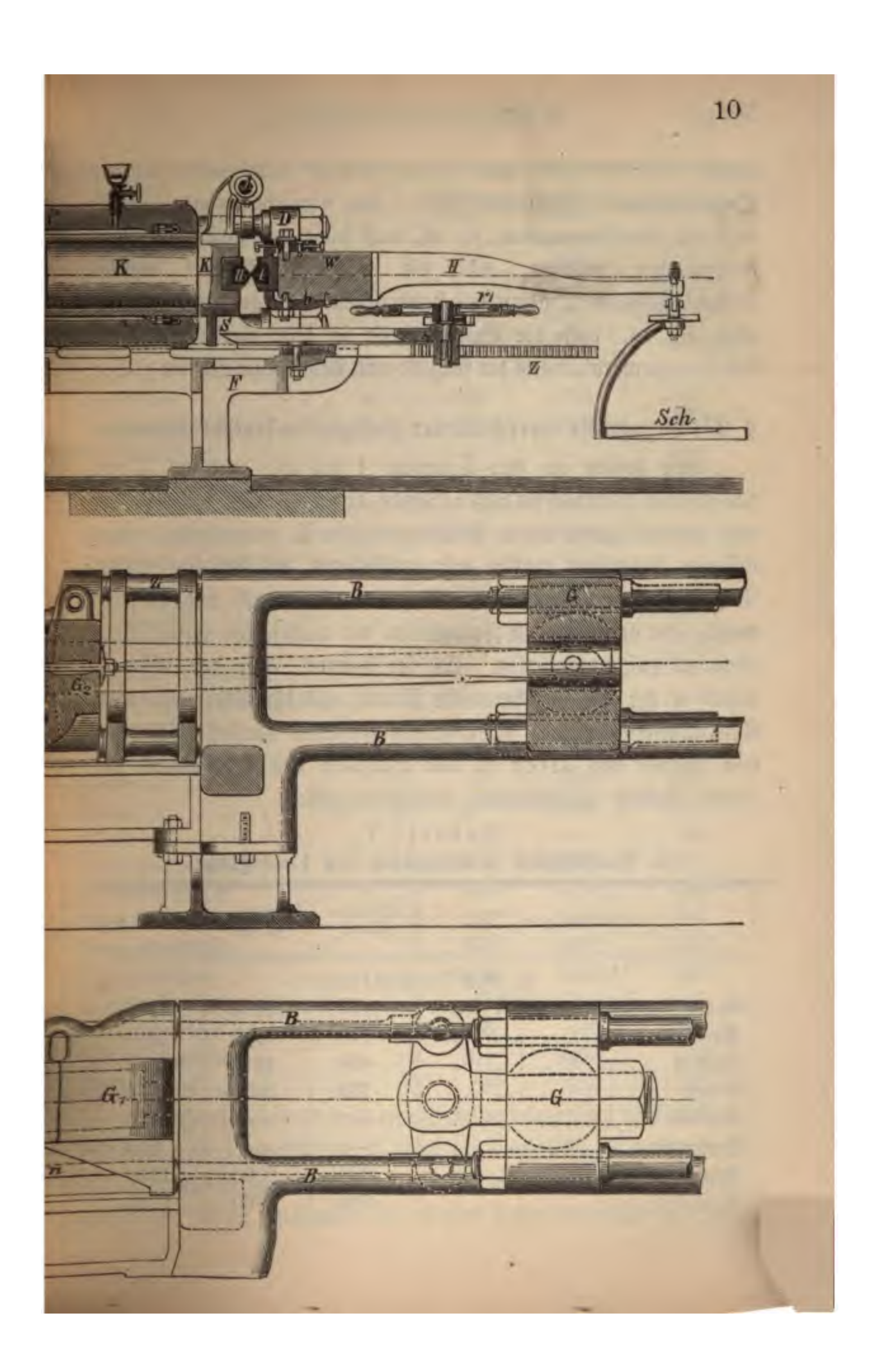
Qualität II. Minimaldruckfestigkeit 250 *kg* pro 1 cm^2.

Qualität III. Minimaldruckfestigkeit 150 *kg* pro 1 cm^2.

Es läßt sich von vornherein nicht angeben, welche der einzelnen Steinarten dieser Abtheilung vorzugsweise in die eine oder andere dieser drei Classen fallen. Es giebt Tuffe,



z
z
B
G
i_3
i_2
i_2
y
y
x'
G_3
z
B
S
T
S
G
q
S
T
n
M
W
m
L


K
K
D
W
H
r1
S
F
Z
Sch
B
G
B
G2
B
G1
G
B

welche in die erste, und solche, welche nicht mehr in die Qualitätsclasse einzureihen sind, und ähnlich verhält es sich mit den Conglomeraten, sei es, daß diese aus gröberen Gemengtheilen bestehen, wie die Nagelfluh-Arten, welche beispielsweise in Thälern des bayerischen Gebirges vorkommen, oder sei es, daß die Bestandtheile so fein werden, wie in den Conglomeraten aus der Gegend von Wien (aus Brunn z. B.)

§ 21. Ergebnisse verschiedener Festigkeits-Untersuchungen.

Wir haben in den Tabellen 1 bis 20 und im Texte des zweiten Capitels im ersten Bande dieses Werkes fast alle die uns bekannt gewordenen Prüfungsergebnisse mitgetheilt. Zur besseren Uebersicht wollen wir nachfolgend die sich aus diesen Tabellen u. s. w. ergebenden Maximal-, Minimal- und Mittelwerthe der verschiedenen Festigkeiten der wichtigsten natürlichen Gesteine zusammenstellen. Es sei bemerkt, daß der Mittelwerth nicht das arithmetische Mittel aus der Maximal- und Minimalfestigkeit des betreffenden Gesteins darstellt, sondern das Mittel aus allen in den Tabellen des I. Bandes bei einem Gestein aufgeführten Festigkeitszahlen.

Tabelle V.

I. Druckfestigkeit in Kilogramm pro 1 cm^2 Fläche.

Gesteinsart	Kleinster Werth	Größter Werth	Mittelwerth
A. Massengesteine.			
Granit	460	2200	1170
Syenit	773	1880	1250
Gabbro	690	1813	1180
Diorit	733	2650	1410
Diabas	—	—	1440
Serpentin	—	—	840
Porphyr	620	2300	1340
Melaphyr	700	1760	1140

Gesteinsart	Kleinster Werth	Größter Werth	Mittelwerth
Trachyt	380	930	530
Dolerit	—	—	1380
Basalt	1000	3500	1880
Lava	160	670	440
B. Krystallinische Schiefergesteine.			
Quarzfels	665	1772	1150
Glimmerschiefer	780	1040	880
Chloritschiefer	—	—	760
Hornblendeschiefer	—	—	740
C. Geschichtete Gesteine und Tuffe.			
Thonschiefer	628	953	790
Körnig-krystallinischer Kalkstein (Marmor)	440	900	660
Muschelkalk	412	1600	700
Liaskalk	600	1200	870
Deutscher Oolithkalk	—	—	1240(?)
Französischer Oolithkalk	—	—	350
Rogenstein	—	—	660
Jurakalk	626	986	740
Grobkalk	65	1115	330
Dolomit	450	1300	825
Gyps	—	—	60
Grauwackensandstein	608	3000	1270
Kohlensandstein	500	1211	880
Buntsandstein	190	1445	700
Keupersandstein	137	1821	740
Jurasandstein	295	1318	730
Quadersandstein	97(?)	700	500
Grünsandstein	188	410	300
Molassesandstein	510	1470	800
Tuffgesteine	58	480	240

Im Baufache sucht man eine Beanspruchung der natürlichen Gesteine auf Zugfestigkeit so viel als möglich zu vermeiden weil die letztere im Verhältniß zur Druckfestigkeit meistens sehr gering ist. Man verwendet die Steine daher möglichst so, daß

sie nur einer pressenden oder biegenden Kraft Widerstand zu leisten brauchen. Da aus diesem Grunde fast immer nur Druckproben verlangt wurden, so haben sich die Prüfungsanstalten bisher nur selten mit der Ermittelung der Zugfestigkeit der natürlichen Gesteine befassen können. Wohl möglich ist es jedoch, daß man sich in Zukunft mehr diesen Prüfungen zuwenden wird, weil ihre Ausführung weniger Schwierigkeiten bereitet, weil die Untersuchungen in kürzerer Zeit und mit geringeren Kosten bewerkstelligt werden können, weil zu ihrer Vornahme einfachere Apparate*) genügen, weil ferner die Resultate nicht von der mehr oder minder sauberen Bearbeitung der Probekörper beinflußt werden und demgemäß zuverlässiger sein müssen und weil man endlich auch durch die Zugfestigkeit über Manches Aufklärung erhalten wird, was bei Anwendung des Druckverfahrens unaufgeklärt geblieben ist.

„Aus der Bestimmung der Zugfestigkeit würde sich für die Bewerthung der Gesteine gewiß höchst Werthvolles ergeben", schreibt Hauenschild („Baumaterialien" S. 180 und 181). „Die Verschiedenheit der Cohäsion nach verschiedenen Richtungen, so wichtig bei der Bestimmung der besten Lagerfläche, die Abhängigkeit derselben von dem Grade der Verwitterung des Gesteins, das exacte Messen des Einwirkens von potenzirtem Einflusse der Atmosphärilien oder die Prüfung auf Frostbeständigkeit: alle diese Factoren würden bei der Zugfestigkeit bestimmt zum Vorschein kommen".

Aber bevor nicht das Verhältniß zwischen der Zug- und der Druckfestigkeit zuverlässig bestimmt ist, wird man die Druckfestigkeits-Prüfungen auch noch fernerhin bevorzugen.

*) Hauenschild hat z. B. mit Hilfe des bei der Prüfung von Portlandcement fast allgemein verwendeten Normal-Zugfestigkeits-Apparates von Frühling und Michaelis mehrere Hundert Zugfestigkeits-Proben mit Bausteinen ausgeführt.

Dieses Verhältniß wächst im Allgemeinen mit der Zunahme der Sprödigkeit und mit der Abnahme der Zähigkeit des Gesteins.

Hauenschild setzt in seinen „Baumaterialien" (S. 181) die Zugfestigkeit gleich $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{11}$, in seiner späteren Arbeit im „Handbuch der Architektur" (Bd. 1, S. 61) gleich $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{37}$ der Druckfestigkeit. Nach unseren Ermittelungen sind beide Annahmen nicht zutreffend. Wir erhalten vielmehr folgende Verhältnißzahlen.

Tabelle VI.

II. Zugfestigkeit in Kilogramm pro 1 cm^2 Fläche.

Gesteinsart	Kleinster Werth	Größter Werth	Mittelwerth	Verhältniß der Zug zur Druckfestigkeit
Granit*)	19	44·5	30	$\frac{30}{1170}=\frac{1}{39}$
Thonschiefer aus den Hörre-Naumländer Brüchen	169	201	185	$\frac{185}{842}=\frac{1}{4·6}$
Muschelkalk von Randersacker bei Würzburg	—	—	27	$\frac{27}{440}=\frac{1}{16·3}$
Dolomit*)	10	32	18	$\frac{18}{825}=\frac{1}{46}$
Buntsandstein von Velpke in Braunschweig	—	—	37	$\frac{37}{1000}=\frac{1}{27}$
Desgleichen von Bettingen bei Werthheim	—	—	16	$\frac{16}{775}=\frac{1}{48·4}$
Keupersandstein von Coburg . .	3·6	5·5	4·5	$\frac{4·5}{289}=\frac{1}{64·2}$
Grünsandstein aus Bayern . .	12·5	17	15	$\frac{15}{333}=\frac{1}{22·2}$

*) Bei diesen Gesteinen stellt der Mittelwerth das arithmetische Mittel aus allen dem Verfasser bekannt gewordenen Prüfungsresultaten dar.

Nach dieser Tabelle schwankt das Verhältniß zwischen der Zug- und Druckfestigkeit der natürlichen Gesteine zwischen sehr weiten Grenzen, nämlich zwischen 1 : 4·6 und 1 : 64·2, und es ist im Mittel: $Z = \frac{1}{33} D$. (Bauschinger nimmt als Mittel $Z = \frac{1}{26} D$).

Die Biegungsfestigkeit, auf welche freitragende Treppenstufen, Werkstücke über Oeffnungen, Balkon- und Consolsteine beansprucht werden, wurde in den meisten Fällen bisher durch directe Belastungsversuche, seltener durch Festigkeitsmaschinen ermittelt. Beim Eisen und Holz ist bekanntlich die Biegungsfestigkeit gleich der Zug- beziehungsweise Druckfestigkeit; bei den natürlichen Gesteinen ist sie größer als die Zugfestigkeit und kleiner als die Druckfestigkeit, wie aus der nachstehenden Zusammenstellung hervorgeht.

Tabelle VII.

III. Biegungsfestigkeit in Kilogramm pro 1 cm^2 Fläche.

Gesteinsart	Kleinster Werth	Größter Werth	Mittelwerth	Verhältniß der Biegungs- zur Druckfestigkeit
Granit	76	210	120	$\frac{120}{1170} = \frac{1}{9·75}$
Trachyt von Londorf bei Gießen	—	—	118	$\frac{118}{575} = \frac{1}{4·9}$
Basalt	130	294	200	$\frac{200}{1880} = \frac{1}{9·4}$
Glimmerschiefer	—	—	256	$\frac{256}{880} = \frac{1}{3·5}$

Gesteinsart	Kleinster Werth	Größter Werth	Mittelwerth	Verhältniß der Biegungs- zur Druckfestigkeit
Thonschiefer aus den Hörre-Raumländer Brüchen	323	433	378	$\frac{378}{842} = \frac{1}{2 \cdot 2}$
Muschelkalk von Randersacker bei Würzburg	—	—	69	$\frac{69}{440} = \frac{1}{6 \cdot 3}$
Dolomit	65	180	90	$\frac{90}{825} = \frac{1}{9 \cdot 2}$
Buntsandstein	31·5	115	90	$\frac{90}{700} = \frac{1}{7 \cdot 8}$
Keupersandstein von Coburg	—	—	30	$\frac{30}{289} = \frac{1}{9 \cdot 6}$
Grünsandstein aus Bayern	45	75	58	$\frac{58}{333} = \frac{1}{5 \cdot 8}$
Molassesandstein	24	87	64	$\frac{64}{800} = \frac{1}{12 \cdot 5}$
Kalktuff von Weilheim	—	—	95	$\frac{95}{132} = \frac{1}{1 \cdot 4}$

Nach dieser Tabelle verhält sich die Biegungsfestigkeit (B) zur Druckfestigkeit (D) wie 1 : 2·2 bis 1 : 12·5, und es ist im Mittel $B = 0 \cdot 143\, D =$ circa $\frac{1}{7}$ D. (Bauschinger fand als Mittelwerth D = 0·16 D).

Die Schubfestigkeit, auf welche z. B. kurze Consolsteine berechnet werden müssen, ist für einige Gesteinsarten in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

Tabelle VIII.

IV. Schubfestigkeit in Kilogramm pro 1 cm^2 Fläche.

Gesteinsart	Kleinster Werth	Größter Werth	Mittelwerth	Verhältniß der Schub- zur Druckfestigkeit
Granit	28	120	62	$\frac{62}{1170}=\frac{1}{19}$
Syenit	—	—	165	$\frac{165}{1250}=\frac{1}{7 \cdot 5}$
Trachyt von Londorf bei Gießen	—	—	28	$\frac{28}{575}=\frac{1}{20 \cdot 5}$
Muschelkalk	47	64	56	$\frac{56}{700}=\frac{1}{12 \cdot 5}$
Jurakalk von Pappenheim in Bayern	67	100	84	$\frac{84}{873}=\frac{1}{14}$
Dolomit	48	90	62	$\frac{62}{825}=\frac{1}{13 \cdot 3}$
Grauwackensandstein vom rauhen Berge bei Pressig	—	—	102	$\frac{102}{1225}=\frac{1}{12}$
Buntsandstein	11	100	40	$\frac{40}{700}=\frac{1}{17 \cdot 5}$
Keupersandstein	13	75	35	$\frac{35}{740}=\frac{1}{21}$
Grünsandstein aus Bayern	17	32·5	25	$\frac{25}{333}=\frac{1}{13 \cdot 3}$
Molassesandstein	20	150	57	$\frac{57}{800}=\frac{1}{14}$
Kalktuff von Weilheim	30	36	33	$\frac{33}{132}=\frac{1}{4}$

Das Verhältniß der Schubfestigkeit (S) zur Druckfestigkeit (D) schwankt hiernach zwischen 1 : 4 und 1 : 21, und es ist im Mittel $S = \frac{1}{14} D = 0 \cdot 0714 D$. (Bauschinger fand $S = 0 \cdot 075 D = 2 Z$.)

Schließlich müssen wir noch hervorheben, daß **die für die Praxis zulässige Inanspruchnahme** der Gesteine auf Druck bei definitiven Constructionen unter den günstigsten Umständen etwa $\frac{1}{10}$, bei Constructionen, die geringen Erschütterungen ausgesetzt sind nur $\frac{1}{20}$ und bei solchen, die starke Erschütterungen auszuhalten haben, sowie bei dünnen Pfeilern nur $\frac{1}{40}$ von den in Tabelle V aufgeführten Mittelwerthen betragen darf und daß bei den Berechnungen natürlicher Gesteine auf Zug, Biegung und Schub eine mindestens zehnfache Sicherheit anzunehmen ist.

---

§ 22. II. Die Härte (Abnutzung).

Von der Härte, d. h. von dem Widerstande, welchen die natürlichen Gesteine dem Eindringen eines spitzen Werkzeuges u. s. w. entgegensetzten, hängt die Bearbeitungsfähigkeit und daher auch die Verwendungsart der Steine, sowie ihre Dauerhaftigkeit (Abnutzung) ab. Harte Steine (z. B. Granit, Porphyr, Basalt) werden vorzugsweise zu Straßenpflasterungen, Beschotterungen, Trottoirplatten und Treppenstufen; mittelharte (z. B. Kalkstein, Marmor), sofern sie eine feine und scharfe Bearbeitung zulassen, gern zu architektonischen Gliederungen und Ornamenten; weiche Gesteine, deren Härte mit zunehmender Austrocknung größer wird (z. B. Sandstein), meistens zu Bausteinen (Quadern, Säulen u. s. w.) verwendet.

Die Härte wächst im Allgemeinen mit der Festigkeit der Gesteine, und sie ist z. B. bei Kalksteinen um so größer, je größer der Kieselsäuregehalt.

Die Abnutzung ist gewöhnlich bei weichen, aber zähen Gesteinen größer als bei harten, aber spröden, bei grobkörnigen größer als bei feinkörnigen, bei gemengten Gesteinen mit vorwaltend weicheren oder spröderen Bestandtheilen größer als bei solchen mit überwiegend härteren oder zäheren Gemengtheilen.

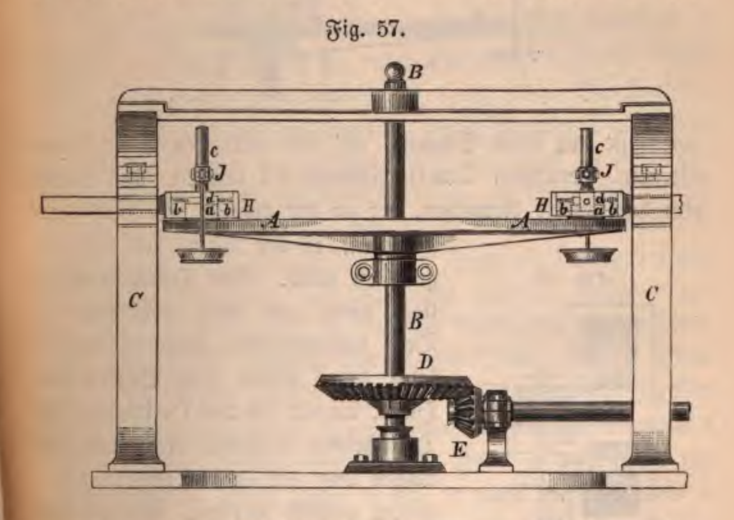
Ein absolutes Maß der Härte giebt es nicht; der Härtegrad eines Steines kann nur im Wege der Vergleichung bestimmt werden. Das hierbei einzuschlagende Verfahren richtet sich hauptsächlich nach der mineralogischen Zusammensetzung der Gesteine. Wir haben bereits im § 5 des ersten Bandes dieses Werkes darauf hingewiesen, daß sich mit Hilfe der Mohs'schen mineralogischen Härteskala nur die Härte von Mineralien und homogenen, compakten, nicht aber die von porösen und aus verschiedenen Gemengtheilen bestehenden Gesteinen zuverlässig bestimmen läßt.

Von den zahlreichen Verfahren der Bestimmung der Härte gemengter und poröser Gesteine verdienen besonders zwei — nämlich das von Bauschinger und das von Siebeneicher angewendete — hervorgehoben zu werden, weil sie bisher die genauesten Resultate geliefert haben und von einer anderen Methode noch nicht übertroffen worden sind.

Das in der mechanisch-technischen Versuchsstation zu München ausgeführte Bauschinger'sche Verfahren besteht darin, daß der zu prüfende Stein mittelst eines besonderen Schleifapparates zugleich mit einem Normalstein abgeschliffen und die Abnutzungstiefe beider gemessen und verglichen wird. Die Construction und Anwendung des von ihm benutzten Apparates beschreibt Prof. Bauschinger im 11. Hefte der „Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium in München" (1884) wie folgt:

„Die horizontal liegende Gußeisenscheibe A (Figur 57) von 1·5 *m* Durchmesser ist auf die vertikale Achse B aufgekeilt, die sich in entsprechenden Lagern des Gestelles C dreht und durch die konischen Räder D, E und die Riemenrollen (Fest- und Leerrolle) von einer Transmission aus angetrieben wird, die durch eine Gaskraftmaschine betrieben, etwa hundert Umdrehungen pro Minute macht, so daß die Scheibe A etwa 20mal in der Minute umläuft. — An dem Gestelle C sind

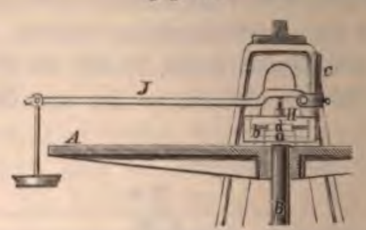
Fig. 57.



zwei sich gegenüberstehende, viereckige Rahmen HH festgemacht, welche den Zweck haben, das in ihnen liegende Probestück zu verhindern, an der Bewegung der Scheibe Theil zu nehmen, indem ein Brettchen b mit geeignetem Ausschnitt zwischen das Probestück a und die vordere Wand des Rahmens so eingelegt wird, daß es die Scheibe nicht berührt (Figur 59). Die Rahmen sind in der Richtung des Radius verstellbar, um nach und nach verschiedene Stellen der Scheibe benutzen

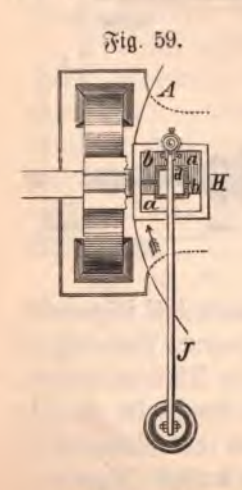
zu können. Sie tragen an Hülsen, die an Verticalstäben c verstellt werden können, die Drehpunkte der einarmigen Hebel JJ (Figur 58), welche zur Belastung des Probestückes dienen,

Fig. 58.



indem sie mit einer Schneide auf den verticalen Stift eines eisernen, viereckigen Druckscheibchens dd drücken, das durch drei horizontale Aermchen, die an die Wände des Rahmens anstoßen, in der Mitte des letzteren gehalten wird. Das Druckscheibchen liegt direct auf dem Probestück a. Der verschiedenen Höhe derselben kann durch Heben und Senken der Hülse, an der sich der Drehpunkt des Druckhebels befindet, Rechnung getragen und der letztere immer horizontal gestellt werden. Ein an der Verlängerung der Achse B befindlicher Schlüssel bewegt einen Tourenzähler, dessen Ziffern durch zwei geneigte Spiegel den an der Maschine beschäftigten Personen bequem sichtbar gemacht werden."

Fig. 59.



Das Abschleifen erfolgt mit Verwendung von Schmirgelpulver, das auf die rotirende Scheibe gestreut wird.

Die vom Stadtbauinspector Siebeneicher in Berlin construirte Maschine, welche im Berliner Stadtbauamte zur Prüfung der Härte natürlicher Gesteine benutzt wird, ist eine Bohrmaschine. Mit ihr wird durch einen flachen Kreuzbohrer von stets gleicher Form und Beschaffenheit, constanter Belastung und constanter Fallhöhe ein Loch von bestimmter Tiefe in den Stein gebohrt. Die Anzahl der hierzu erforderlich gewesenen Bohrstöße ergiebt alsdann direct die Verhältnißzahl für die Härte.

In der Mitte eines eisernen, feststehenden Gestelles A (Figur 60) befindet sich die durch Kurbel in verticaler Richtung zu bewegende Bohrwelle W von 7 *cm* Durchmesser, 1·2 *m* Länge und 35·5 *kg* Gewicht, welche an zwei Stellen von A zwischen Rollen a a geführt wird und einen gußeisernen, verschiebbaren, durch vier Stellschrauben an bestimmter Stelle zu befestigenden Hebering b von 16 *cm* Durchmesser und 5 *cm* Stärke trägt. Dieser Hebering wird durch die daumenartigen Vorsprünge eines auf dem Vorgelege sitzenden Rades r gefaßt und mitgenommen, so daß die Bohrwelle bis zu einer bestimmten Höhe gehoben und wieder fallen gelassen wird, was durch einen seitlich angebrachten Tourenzähler markirt wird. — Die seitlich am Daumenrade befindlichen Knaggen f bewegen beim Drehen von r einen Hebel g und dieser ein kleines Rad e, dessen Feder d sich in einer langen Nuthe c des oberen Bohrwellenendes frei bewegen kann (Figur 62). Durch diese Vorrichtung wird der aus bestem Gußstahl gefertigte, 25 *mm* starke Kreuzbohrer bei jedesmaligem Heben desselben um ein Geringes gedreht (gesetzt). — Die Hubhöhe der Bohrspindel, welche bei allen Versuchen dieselbe ist, wird selbstthätig, und zwar durch Auslösung einer Sperrklinke regulirt; dadurch wird der Gang der Maschine arretirt.*)

*) Deutsche Bauzeitung, 1876, 1877, 1878.

Die Untersuchung mit der Maschine wird in folgen
Weise vorgenommen. Der Probestein C wird mit seiner Gru
fläche auf einen von der Maschine getrennten Holzklotz gel
und an die Traversen des Gestelles B befestigt. Die Bo
welle wird hierauf mit genau 2·5 *cm* Anfangshub, die R

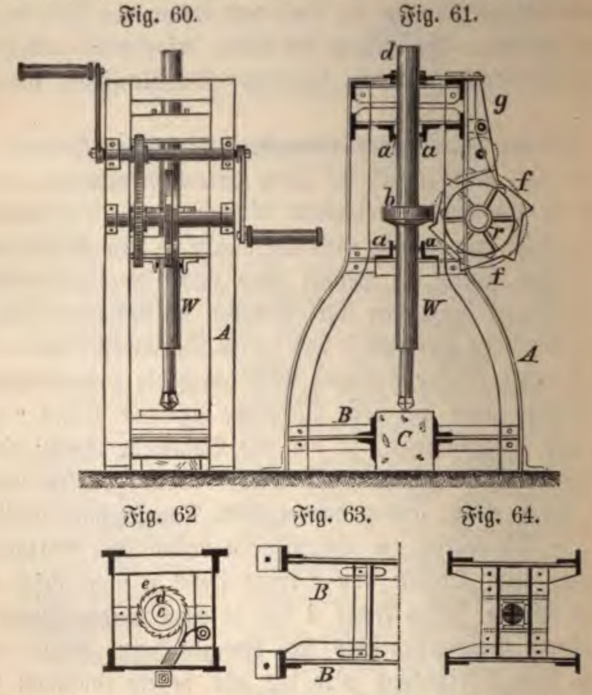


Fig. 60. Fig. 61.

Fig. 62 Fig. 63. Fig. 64.

gulirvorrichtung genau auf 2·0 *cm* Spiel eingestellt, weil na
Erfahrung bei einer Lochtiefe von 2 *cm* ein neugeschärf
Bohrer eingesetzt werden muß. Sobald der Bohrer 2 *cm* t
in den Probestein eingedrungen ist, stößt der Hebering b
die Sperrvorrichtung und bewirkt die Arretirung der Maschi
Nachdem die Auswechselung des Bohrers vorgenommen, wi

die Bohrwelle wieder auf 2 *cm* Spiel eingestellt u. s. w., bis eine Bohrlochtiefe von 8 *cm* erreicht ist. Während der Bohrarbeit wird das Bohrloch naß gehalten.*)

In nachfolgender Tabelle ist die Härte einiger Gesteinsarten aufgeführt, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die Resultate nicht überall genau sein können, weil die Untersuchung mit einer als Probe angefertigten, im Laufe der Zeit vielfach verbesserten Bohrmaschine ausgeführt wurden.

Tabelle IX.

Gesteinsart	Bezugsort	Durchschnittliche Anzahl der Bohrstöße bis zur Herstellung eines 8 *cm* tiefen Bohrloches
Granit	Carlskrona in Schweden	6883
"	Mauthausen in Oesterreich	3345
"	Strehlen in Schlesien	4550
"	Groß-Rosen in Schlesien	4250
"	Ilsenburg im Harz	4650
"	Vilshofen in Bayern	3227
"	Cercan in Böhmen	6400
"	Bornholm (Schweden)	4575
Porphyr	Quenast in Belgien	7739
"	Dornreichenbach in Sachsen	6077
"	Lüptitz in Sachsen	6372
Kohlensandstein	Osnabrück	4250
"	Plötzky bei Magdeburg	4905
"	Comblain au Pont (Belgien)	3967
Diorit	Pfalz	2640
Trachyt	Stenzelberg am Rhein	3067
Grauwacke	Wildemann im Harz	5420
Grünstein	Senftenberg i. d. Lausitz	4688
Basalt	Schlesien (Säulenbasalt)	11350
"	Schlesien	7200
"	Pirnai (Böhmen)	15317
"	Sachsen	10440

*) Diese Maschine kostet in Berlin circa 750 Mark, ein Bohrer 3 Mark, jede Schärfung desselben 30 bis 40 Pfg. Ein Bohrer kann 30- bis 40mal geschärft werden, ehe er unbrauchbar wird.

In der „Königlichen Prüfungsstation von Baumaterialien" zu Berlin wird die Abnutzung der Pflastersteine auf einer Maschine mit horizontal laufender Schleifscheibe, die 22 Umdrehungen pro Minute macht, bestimmt und die hierfür aufzuwendende Arbeit durch ein entsprechend construirtes Zählwerk gemessen.

In Frankreich pflegt man die Abnutzung dadurch festzustellen, daß man Steinstückchen von höchstens 6 *cm* Größe in rotirende Trommeln wirft und den durch Staubbildung eintretenden Gewichtsverlust bestimmt.*)

Da die Beschaffenheit und Menge der einzelnen, meist verschieden harten Gesteinselemente einer und derselben Gebirgsart vielfach variiren, so kann der in Büchern und Zeitschriften für eine bestimmte Gesteinsart aufgeführte Härtegrad nur als Durchschnittswerth angesehen werden. Nachfolgende, von Gottgetreu (Baumaterialien, S. 165) aufgestellte Tabelle ist hiernach zu beurtheilen.

Tabelle X.

Gesteinsart	Härtegrad (nach Mohs)
Quarz und quarziges Gestein	7
Feldspathgestein, Trachyt	6
Hornblendegestein, Diorit	5·5
Augitgestein, Basalt	5·5 (?)
Dolomit	3·5
Lava	3·5
Dichter Kalkstein	3
Serpentin	2·5
Gyps	1—2
Talkschiefer	1—2
Thonschiefer	1—2

*) Siehe: Dietrich a. a. O., S. 29 und 30.

§ 23. III. Die Politurfähigkeit.

Die Gesteine, welche leicht eine gute Politur annehmen, sind sehr geschätzt und daher meistens auch recht kostspielig. Politurfähige Steine werden zu Decorationen, Wandbekleidungen, Treppenstufen u. s. w. in Luxusbauten, ferner zu Platten auf Consolen, Waschtoiletten, Tischen, Kaminen u. s. w. verwendet. Durch die Politur erhalten diese Gesteine einen spiegelnden Glanz, durch sie kommen die oft sehr mannigfaltigen, schönen Farben erst zur vollen Wirkung, durch sie erhält mancher Stein erst Ansehen und Reiz, durch sie wird aber auch die Dauerhaftigkeit der Steine oftmals wesentlich erhöht!

Die Politurfähigkeit hängt hauptsächlich mit der Structur der Gesteine zusammen: dichte, porenlose, äußerst feinkörnige Gesteine mit Bestandtheilen von gleicher oder nahezu gleicher Härte können sehr leicht polirt werden, solche ohne Feinheit und Dichtigkeit nehmen nur sehr schwer oder gar nicht Politur an; politurfähige dichte Gesteine mit Gemengtheilen von sehr verschiedener Härte zeigen nach dem Poliren oft einen verschiedenen Glanz: es glänzen die härteren, schwer polirbaren Bestandtheile mehr als die weicheren, leicht zu polirenden.

Eine recht wirkungsvolle Politur vermag man außer dem Marmor auch anderen feinkörnigen und dichten Kalksteinen, sodann dem Syenit, Porphyr, Serpentin, Alabaster, Eklogit, Diorit (auch dem Diabas, wenn auch häufig nur sehr schwer), ferner dem Granulit, wenn derselbe noch bruchfeucht, dem weißen, krystallinisch-körnigen Dolomit, zum Theil auch dem Travertin (z. B. dem Almaser Stein) und dem Granit zu geben. (Vgl. § 38.)

Die Prüfung der Gesteine auf Politurfähigkeit kann nur durch Probiren nach vorangegangenem Abschleifen erfolgen.

§ 24. IV. Die Sprödigkeit und Zähigkeit.

Die Sprödigkeit und Zähigkeit der Gesteine hat einen großen Einfluß auf die Formbarkeit derselben und auf die Art ihrer Verwendung.

Spröde nennt man ein Gestein, wenn sich die (vielleicht durch ein hartes und spitzes Werkzeug bewirkte) Trennung seiner Theilchen nach allen Richtungen hin fortpflanzt, wenn sich Risse und Sprünge bilden und das Gestein fein zersplittert; zähe, wenn das Gestein der Trennung seiner Theilchen (besonders durch Stoß oder Schlag) einen größeren Widerstand entgegensetzt. Daher werden z. B. zu Straßenpflasterungen am besten zähe Gesteine Verwendung finden müssen, damit das Pflaster nicht durch ein kräftiges Aufschlagen der Pferdehufe zerstört wird.

Die Zähigkeit ist ganz unabhängig von der Festigkeit des Gesteins, denn es giebt sowohl Steine mit sehr großer, als auch solche mit sehr geringer Festigkeit, welche keine Zähigkeit besitzen. Die Zahl der zähen Gesteine ist keine sehr große; zu den zähen Steinen rechnen die Hornblendegesteine (besonders Syenit), Basalt, Dolerit, Diorit und Diabas.

Die Prüfung auf Sprödigkeit und Zähigkeit erfolgt entweder durch Bearbeitung einer Fläche des zu prüfenden Gesteins und Vergleichung der hierzu aufgewendeten Zeit und Mühe mit dem Zeit- und Arbeitsaufwande bei der Bearbeitung einer gleich großen Fläche eines als spröde oder zähe bekannten Steines, oder mittelst einer kleinen, mit stumpfen Steinmeißeln versehenen, am besten schief auf den Probestein wirkenden Fallramme und Ermittelung der bei einer bestimmten Fallhöhe bis zu einer gewissen Eindringungstiefe nothwendigen Meißelstöße (vgl. Prüfung der Härte mittelst der Sieben

eicher'schen Bohrmaschine), oder endlich mittelst einer mit kleinen Meißeln besetzten, auf einer Drehbank rotirenden, ähnlich der Diamantkreissäge (siehe § 39) construirten Scheibe, gegen welche der Probestein durch ein Gewicht gepreßt wird, und Berechnung des Zähigkeitsgrades aus Meißelzahl und Rotationsgeschwindigkeit. *)

---

§ 25. V. Die Formbarkeit.

Mit der Härte, Zähigkeit, Porosität und Structur hängt die Formbarkeit der natürlichen Gesteine innig zusammen. Sehr leicht zu bearbeiten sind echter Marmor, Alabaster, frischgebrochener, edler Serpentin und bruchfeuchte Sandsteine, leicht poröse Gesteine, besonders solche mit kleinen Poren, z. B. einige Tuffe (Karlsbader Sprudelstein, Bimssteintuff), bis zu einem gewissen Grade auch spröde Gesteine, weil sich von ihnen durch Schlag und Stoß größere Stücke abtrennen lassen, schwer zu bearbeiten sind zähe, harte und dichte Gesteine (z. B. Grauwacke); solche mit bedeutender Härte und Zähigkeit lassen sich nur schneiden oder drechseln (z. B. Eklogit, Diorit, Hornstein-Porphyr, Quarzfels, feinkörniger, rother Dyassandstein) oder können überhaupt nicht mehr bearbeitet werden. Gesteine dieser Art können dann nur zu Bruchsteinmauerwerk oder Straßenbeschotterungen verwendet werden.

Eine beliebige Formgebung gestatten die massigen, körnigen Silicatgesteine; sie lassen sich infolge ihres gleichmäßigen Gefüges nach allen Richtungen zertheilen und können, falls ihre Härte und Zähigkeit dem nicht widerstehen, zu Werksteinen von beliebigen Dimensionen, zu reich ornamentirten und profilirten Decorationssteinen, zu Säulen,

*) *Siehe: „Handbuch* der Architektur“ 1883. I. Theil, S. 86.

Figuren u. s. w. verarbeitet werden. Ebenso können auch
den schieferigen Silicatgesteinen und den mächtig
Schichtgesteinen (z. B. aus quarzreichem Glimmersch
Stuttgarter Sandstein, Quadersandstein) innerhalb
Schicht Quader u. s. w. hergestellt werden, nur ist die
derselben durch die Höhe der Schichtung begrenzt. Die d
geschichteten, blätterig-schieferigen Gesteine (z
Thonschiefer) sind nur nach den Spaltungsrichtungen
bar, die Gesteine mit linearer Parallelstructur (
manche Syenite, Granite, Trachyte, sowie Gneiß und
nulit) lassen sich nach dem Haupt- und Querbruche
nach dem Längsbruche gewöhnlich nicht spalten.

Die aus geschichteten Gesteinen gewonnenen Qu
Platten u. s. w. sind stets so zu verbauen, daß der
senkrecht auf ihre natürliche Lagerfläche wirkt; bei lothr
Stellung ihrer Lagerfläche spalten diese Werkstücke schon
einem kleineren Drucke, wie auch aus den im ersten T
bei den einzelnen Schichtgesteinen aufgeführten Festig
tabellen hervorgeht, auch werden sie dann leichter durch
zerstört. (Vgl. auch § 36.)

---

§ 26. VI. Die Porosität (Wärmeleitungsfähigkeit, durchlässigkeit).

Die Porosität, welche — wie wir bereits bemerkte
auf die Formbarkeit und die Politurfähigkeit, aber auch
die Dauerhaftigkeit und das Gewicht der Steine von gr
Einfluß ist und von welcher die Ventilations- und Wä
leitungsfähigkeit derselben abhängt, ist bei Gesteinen mit
körnigem Gefüge größer als bei solchen mit feinkörnigem
dichtem. Die Größe der Poren ist eine sehr verschiedene

einigen Gesteinen sind die Poren mit bloßem Auge sichtbar, bei anderen können sie erst durch das Mikroskop wahrgenommen werden.

Das einfachste Verfahren zur Prüfung der Porosität eines Steines besteht darin, daß man auf die trockene Steinfläche einen Wassertropfen fallen läßt; je schneller das Aufsaugen desselben erfolgt, desto poröser ist der Stein.

Dr. Böhme ermittelt die Größe des Porenraumes auf folgende Weise. Er trocknet den Probestein 50 Stunden lang auf einer erhitzten Eisenplatte und bestimmt dann sein Gewicht. Hierauf legt er den Stein 50 Stunden lang in Wasser und wiegt ihn nach schnellem Abtrocknen seiner Oberfläche von neuem. Die Gewichtsdifferenz, nach Procenten des Trockengewichtes berechnet, ergiebt dann das Maß der Porosität.

Das Verfahren, den Stein nach seinem Trocknen in heißes Wasser zu legen und so lange darin liegen zu lassen, bis das Wasser kalt geworden ist, oder den getrockneten Probestein in destillirtem Wasser mehrere Stunden zu sieden, ist nicht empfehlenswerth, weil hierbei manche Steine zersplittern. Recht genaue Resultate erhält man durch die von Hauenschild und Lang angewendete Methode. Nachdem der Probestein (von etwa 25 Gramm Gewicht) bei 100° C. getrocknet ist, wird er abgekühlt und gewogen und darauf an einem Faden in ein Gefäß gehängt, das sich in einem Preßraum befindet. Hierauf wird letzterer bei ganz auf den höchsten Stand gestelltem Stempel mit Wasser gefüllt und der Stempel nach Aufbringen und Festschrauben des Deckels bis zum tiefsten Punkte hinuntergedrückt, wobei die Luft schnell aus den Poren des Gesteins verdrängt und in dieselben Wasser eingepreßt wird. Die Pressung erfolgt unter einem Drucke von circa 3 Atmosphären und bis zur vollständigen Füllung aller Poren. Meistens ist schon nach einer Stunde eine weitere Gewichts-

zunahme des Steines nicht mehr nachweisbar. Der nach beendigter Pressung an seiner Oberfläche schnell abgetrocknete Probestein wird nun in einem gut verschlossenen Gläschen von neuem gewogen, das Gewicht des Gläschens in Abzug gebracht und die Differenz der Gewichte vor und nach der Pressung in Procenten des Trockengewichtes ausgedrückt.*)

Wir haben in den Tabellen des ersten Bandes das Wasseraufsaugevermögen der Gesteine, so weit uns dasselbe bekannt geworden, angegeben. Vergleicht man dort z. B. die für Sandsteine gefundenen Werthe, so findet man zwischen ihnen bedeutende Unterschiede. Aber auch bei anderen Gesteinen gleicher Gattung bewegt sich die Porosität häufig zwischen sehr weiten Grenzen.

Die Untersuchungen, welche Bauschinger mit rauh bearbeiteten Würfeln von 6 *cm* Seite anstellte, ergaben folgende Werthe.**)

Tabelle XI.

Gesteinsart	Wasseraufnahme ***) in Procenten des Trockengewichtes
Basalt vom Bramberge bei Adelebsen . . .	0·03
Gabbro vom Radauthale bei Harzburg . . .	0·08
Granit von Frederikshall, Idefjord	0·17
Grauwacke vom Rammelsberge bei Goslar. .	0·19
Keupersandstein von Lüningsburg in Hannover	0·77
desgl. von Plötzky bei Magdeburg .	0·81
Deistersandstein (Hannover)	3·03

*) Siehe: „Handbuch der Architektur“ 1883, I. Theil, S. 88 und 89, und Lang, „Ueber natürliche Ventilation und Porosität von Baumaterialien“, Stuttgart 1877.

**) „Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium in München“ 1884, Heft 11.

***) Nach fünftägigem Liegen unter Wasser.

Das Maß der Porosität wird von Lang auch durch die Luftmenge bestimmt, welche in einer bestimmten Zeit unter demselben Drucke durch eine gleich große und gleich dicke Platte gepreßt oder gesaugt werden kann.

Von dem Trockenheitszustand, der Luftdurchlässigkeit (Permeabilität) und dem Wärmeleitungsvermögen der Gesteine hängt der Gesundheitszustand der aus ihnen aufgeführten Wohnräume ab.

Trockene, luftdurchlässige und schlecht wärmeleitende Mauern werden stets gesunde Zimmer geben.

Die Permeabilität ist bei porösen Gesteinen größer als bei solchen mit sehr feinkörnigem und dichtem Gefüge. Die Ventilationsfähigkeit wächst auch mit dem Grade der Trockenheit. Bruchfeucht vermauerte, feinkörnige und dichte Werksteine sind daher nur wenig oder gar nicht permeabel und schaffen ungesunde Wohnungen.

Besonders gilt dies von den Granit- und Augitgesteinen, von dichten Sandsteinen mit kieseligem Bindemittel, von Kalksteinen und Mergel, die längere Zeit feucht und kalt bleiben und erst völlig ausgetrocknet sein müssen, bevor man sie mit Putz bewerfen kann.

Müssen derartige Steine verbaut werden, so empfiehlt es sich, ihre Innenseiten mit Ziegelsteinen zu verkleiden; man erhält hierdurch trockene und gesunde Räume. Die Bruchfeuchtigkeit ist in der Regel bei Findlingen, Gerölle und Geschiebe geringer als bei gleichartigen, frisch gebrochenen Gesteinen, daher können erstere meistens sofort zu Häuserbauten verwendet werden.*)

Auch die Wärmeleitungsfähigkeit ist abhängig von der Porosität.

---

*) Siehe Gottgetreu, Baumaterialien, I. Bd. S. 166 bis 168.

Gottgetreu bemerkt hierzu (a. a. O. S. 167): „Poröse Baumaterialien haben außer dem Vorzuge der Luftdurchlässigkeit noch den weiteren für sich, daß im Allgemeinen bei Bausteinen die Wärmecapazität mit der Porosität zu-, die Leitungsfähigkeit abnimmt. Das Material, einmal angeheizt, wird demzufolge geraume Zeit die Wärme an sich halten und dadurch für den Raum selbst zur Wärmequelle werden und nur langsam die Wärme des Innenraumes ins Freie gelangen lassen. Hierzu tritt noch der Umstand, daß die eintretende Luft in den Poren des Materiales vorgewärmt wird."

Schlechte Wärmeleiter sind z. B. Trachyt, Bimsstein, Kalktuff und einige Lavagebilde, gute Basalt und ähnliche porenarme Gesteine. Letztere fühlen sich kalt an und sind hygroskopisch, d. h. sie ziehen Feuchtigkeit aus der Luft an.

In der folgenden Tabelle ist die mittlere Wärmeleitungsfähigkeit schlecht leitender Gesteine, bezogen auf die des Thonschiefers (= 1), angegeben.

Wärmeleitungsfähigkeit einiger Gesteinsarten:

Thonschiefer	=	1
Marmor	=	2·13—1·66—1·65
Granit	=	1·71—1·52
Sandstein	=	1·54, 1·5, 1·05
Serpentin	=	1·44
Basalt	=	1·55—1·47
Rother Gneiß	=	1·49
Tafelschiefer	=	1·22.

§ 27. VII. Ausdehnung bei Wärme; Elasticität.

Das Volumen aller Gesteine wird bei zunehmender Erwärmung vermehrt, bei abnehmender vermindert. Diese Ausdehnung beziehungsweise Zusammenziehung findet nach allen Dimensionen gleichmäßig statt, wenn das Gesteinsmaterial ein gleichartiges und nicht nach einer Richtung hin ein dichteres ist als nach der anderen. Feste Körper, welche ein eigentliches Gefüge besitzen (wie z. B. Krystalle) können sich in der einen Dimension stärker ausdehnen als in der anderen. Größere Bestandtheile des Gesteins dehnen sich mehr aus als kleinere, und dunkle, wie man beobachtet hat, mehr als hellgefärbte.

Besteht ein Gestein aus Mineralien von verschiedener Größe und Farbe, so kann dasselbe unter Umständen schon durch eine mäßige Erwärmung zerstört werden.

Die durch Wärme oder Kälte hervorgerufenen Volumenveränderungen erstrecken sich nicht nur auf die Oberfläche, sondern so tief in das Innere der Gebirgsmassen hin, als sich die Temperaturveränderungen Geltung verschaffen können. Innerhalb der in unserem Klima vorkommenden Temperaturgrenzen kann die Ausdehnung der Gesteine proportional der Temperaturzunahme angenommen werden; erst bei höheren Temperaturen zeigt sich eine größere Ungleichmäßigkeit in der Ausdehnung.

Die Vermehrung des Volumens bei einer Temperaturerhöhung des Körpers um 1° C. wird kubischer Ausdehnungscoëfficient genannt. Dieser Coëfficient ist für verschiedene Gesteine und Mineralien durch physikalische Untersuchungen sorgfältig bestimmt worden; er beträgt z. B.

beim Flußspath . . . . 0·000062,
„ Schwerspath . . . . 0·000058,

beim	Quarz	0·000039 – 0·000042,
„	Basalt	0·00003,
„	Dolomit	0·000035,
„	Anhydrit	0·00003,
„	Thonschiefer	0·00005,
„	Kalkspath	0·000018,
„	Orthoklas	0·000026,
„	Granit	0·000026,
„	Sandstein	0·000038,
„	dichten Gyps	0·000028,
„	Marmor	0·000019,

Ist der Ausdehnungscoëfficient eines Steines, seine Anfangstemperatur und die Temperaturerhöhung bekannt, so läßt sich die Vermehrung beziehungsweise Verminderung seines Volumens leicht berechnen. Z. B ein 8 *dcm* langer, 5 *dcm* breiter und 3 *dcm* hoher Marmorquader besitze eine Temperatur von $+ 10^0$ C. und würde bis auf $+ 40^0$ C. erwärmt, um wieviel würde dieser Quader sein Volumen vermehren? Die Ausdehnung von 1 dm^3 bei 1^0 Temperaturdifferenz beträgt nach vorstehender Tabelle $A = 0{\cdot}000019\, dm^3$, also bei $8.5.3 = 120 dm^3$: $A = 120.\ 0{\cdot}000019$ und bei $(40-10)^0 = 30^0$ Temperaturdifferenz: $A = 120.0{\cdot}000019 . 30 = 0{\cdot}0684\, dm^3 = 68{\cdot}4\, cm^3$. Umgekehrt würde dieser Marmorquader um dasselbe Maß sein Volumen verringern, wenn er von $+ 40^0$ C. auf $+ 10^0$ C. abgekühlt würde.

Eine Ausdehnung beziehungsweise Zusammenziehung nur nach einer Dimension (nach der Länge) erfolgt bei der Beanspruchung der Körper auf Zug beziehungsweise Druck infolge der Elasticität der Körper.

Für jedes Baumaterial giebt es eine Grenze, bis zu [illegible]cher die lineare Verlängerung oder Verkürzung im Ver[illegible]niß zur Belastungszunahme gesteigert werden kann, ohne

ß das Baumaterial die Fähigkeit einbüßt, seine ursprüng-
che Gestalt nach Entfernung der Belastungskräfte wieder
anzunehmen.

Wird diese Grenze — die *Elasticitätsgrenze* — erreicht, so *bleibt* das Baumaterial ausgedehnt oder zusammengedrückt, und bei weiterer Steigerung der Belastung wird dasselbe endlich — an der Festigkeitsgrenze — zerrissen, beziehungsweise zermalmt. Für die natürlichen Gesteine läßt sich die Elasticitätsgrenze nicht genau bestimmen, weil schon bei geringen Spannungen *bleibende Längenänderungen* bei ihnen eintreten.

Mit den natürlichen Gesteinen sind *bisher* nur sehr wenige Elasticitäts-Versuche angestellt worden, doch genügten dieselben schon, um feststellen zu können, daß die Längenänderungen für *Zug nicht* im gleichen Verhältnisse mit der Spannung stehen und daß die Verkürzungen bei *Druck* der Spannung *bis zur Bruchgrenze* direct proportional sind.

Im „*Deutschen Baukalender*“ (Beigabe, S. 36), wird hierzu bemerkt: „Für die bei Bauconstructionen vorkommenden Spannungsgrenzen darf man das Elasticitätsgesetz als giltig annehmen und dasselbe auch auf Constructionen anwenden, bei denen Biegungsfestigkeit des Steines in Frage kommt (Gewölbe u. s. w.).“

Wäre es möglich, ein Steinprisma von beliebiger Länge und 1 cm^2 Querschnitt um seine ursprüngliche Länge, wie es z. B. beim Gummi ausführbar ist, auszudehnen oder zu einer ganz dünnen Platte zusammenzudrücken, so würde dazu offenbar eine bedeutende Kraft erforderlich sein. Diese Kraft — *Elasticitätscoëfficient* oder für die Flächeneinheit *Elasticitätsmodul* genannt — läßt sich aus directen Zug- und Druckversuchen oder auch aus Biegungsversuchen annähernd bestimmen.

Die Ergebnisse der von Bauschinger, Köpcke und Wedgold mit einigen Gesteinen angestellten Versuche ergaben für die Elasticitätscoëfficienten folgende Werthe:

Tabelle XII.

Elasticitätscoëfficient pro 1 cm^2 Fläche in Kilogramm.			
Gesteinsart	Bauschinger	Köpcke	Wedgold
Mittelkörnig. Granit	270000—510000	225000—454000	—
Feinkörniger Granit	120000—288000	im Mittel 340000	—
Dolomit	400000—560000	—	—
Sandstein	82000 - 378000	45000—90000 (Pirnaer im Mittel: 67000)	36000 (weißer Sandst.)
Marmor (weißer) .	—	—	170000
Brauner Portlandstein	—	—	58000
	Durch directe Zug- und Druckversuche ermittelt.	Durch Biegungsversuche ermittelt.	

Dr. Böhme fand für den dichten, scharfkörnigen Kamenzer Granit den Elasticitätscoëfficienten zu 449100 *kg* pro 1 cm^2.

§ 28. VIII. Temperatureinflüsse. — Bruchfeuchtigkeit.

Ein Körper wird nicht nur durch eine einmalige, seine Festigkeit überschreitende Spannung, sondern auch, wie die [illegible]hler'schen Versuche zeigten, durch niedrigere Spannungen [illegible] wenn sich dieselben unendlich oft wiederholen. Diese

Versuche wurden freilich nur mit Schmiedeisen und Stahl angestellt, sicherlich aber hat das aus ihnen hervorgegangene Gesetz auch bei anderen festen Körpern, z. B. bei den natürlichen Gesteinen, Geltung.

Infolge der Ausdehnung und Zusammenziehung der Gesteine durch Erwärmung oder Abkühlung entstehen im Stein Spannungen. Selbst wenn dieselben nicht so hohe sind, daß sie den Stein bis über seine Elasticitätsgrenze auszudehnen oder zusammenzupressen vermögen, so werden sie doch das innere Gefüge des Steines lockern und bei oftmaliger Wiederholung, besonders bei schnellem und extremem Temperaturwechsel, Risse und Sprünge im Gestein hervorrufen. Ist der Temperaturwechsel ein sehr schroffer, so bedarf es manchmal keiner Wiederholung desselben, um den Stein zu zerstören. Man hat beobachtet, daß Steine — besonders Marmorstücke — nach sehr kalten Winternächten zerspringen, wenn sie am Tage durch die Sonne erwärmt werden. Aber auch die plötzlich nur nach einer Richtung erfolgende Ausdehnung bei heftiger und schneller einseitiger Erhitzung kann so hohe Spannungen herbeiführen, daß die Steine zerbersten. (Bekanntlich zerspringen selbst starke irdene Gefäße, wenn sie an einer Seite schnell und kräftig erhitzt werden, in Folge der hierbei eintretenden ungleichen Ausdehnung.)

In diese Risse und Sprünge, welche sich oft bis zu großer Tiefe im Gebirge fortpflanzen, sowie in die Schichtungsflächen und in die Poren dringt Wasser ein, welches gewisse Bestandtheile des Gesteins chemisch aufzulösen, zu zersetzen und auszulaugen, sowie bei seinem Gefrieren selbst den festesten Stein zu zerstören vermag. Es giebt keinen Stein der vollkommen undurchdringlich, unzersetzbar und unauflöslich in Wasser ist. Wie bedeutend oft die im Gebirgsinneren circulirende Wassermenge ist, beweisen die Bergwerke, in denen

das Wasser selbst durch großartige Wasserhebungsanlagen häufig nicht bewältigt werden kann, so daß die Gruben als „versoffen“ aufgegeben werden müssen.

Frischgebrochene, poröse Gesteine, namentlich Kalk- und Sandsteine, sind in Folge ihrer hohen Bruchfeuchtigkeit oft ganz weich, so daß sie sich sehr leicht bearbeiten lassen. Indem das Porenwasser an der Luft und in der Sonne allmälich verdunstet, lagert es den in ihm gelöst vorhandenen kohlensauren Kalk in fester Form z. B. in einem Kalkstein oder Sandstein mit kalkigem Bindemittel ab, infolge dessen diese Gesteine allmälich härter und porenärmer werden, sich schwieriger bearbeiten lassen und an Tragfähigkeit bis zum Anderthalbfachen gewinnen.

Hierzu bemerkt Hauenschild:*) „Die Erfahrung hat gelehrt, daß Sandsteine und poröse, weiche Kalksteine, bruchfeucht verbaut, weit eher zugrunde gehen als vorher ausgetrocknete. Sie haben einen extremen Temperaturunterschied zwischen der Außen- und Innenseite der Mauer, besonders bei rasch wechselndem Frost- und Thauwetter, und damit eine beständige Spannung unter Wanderung des Porenwassers nach den unteren und äußeren Partien zu erleiden. Man sollte gebrochene Steine vor dem Versetzen öfter umkanten, um alle Flächen auszutrocknen, und könnte sie dann viel eher und sicherer verwenden.“

§ 29. IX. Frostbeständigkeit.

Bei seinem Gefrieren zu Eis dehnt sich bekanntlich das Wasser um etwa $^1/_{11}$ seines Volumens aus, und zwar mit solcher Kraft, daß es z. B. starkwandige, eiserne Gefäße, welche mit ihm gefüllt sind, zersprengt.

*) Baumaterialien, I. Theil, S. 194.

Sinkt die Temperatur unter 0°, so werden im Inneren des wassergetränkten Gesteins einmal durch die Zusammenziehung des Steines infolge der Temperatur-Erniedrigung, sodann durch die Sprengkraft des festwerdenden Wassers und endlich auch dadurch, daß die entstehenden Eiskrystalle die benachbarten Wassertropfen mit großer Kraft an sich ziehen, Spannungen entstehen, welche neue Risse und Sprünge im Gestein hervorrufen, vorhandene erweitern. Schließlich muß hierdurch ein Zerfall des Steines herbeigeführt werden.

Dieser Kraft vermag auf die Dauer kein Gestein zu widerstehen. Spröde Gesteine mit feinen Poren werden häufig weniger frostbeständig sein als stark poröse und weiche. „Aeußerst feinporige, aber zerstreutporige Gesteine," bemerkt Hauenschild (Handbuch der Architektur, I., S. 62), „namentlich wenn die Poren nach einseitigen Hauptrichtungen orientirt sind, werden eher vom Frost zersprengt, als groß- und dichtporige, deren Porenräume nach allen Richtungen communiciren." Steine, welche gleichmäßig vollständig mit Hohlräumen erfüllt sind (wie z. B. Kalktuffe), vermögen also trotz ihrer großen Wasseraufnahmefähigkeit den Einwirkungen des Frostes einen verhältnißmäßig kräftigen Widerstand entgegenzusetzen. „Dies läßt sich wohl," schreibt Gottgetreu (Baumaterialien, I., S. 144), „durch die Annahme erklären, daß der Frost nur auf solche Gesteine nachtheilig einwirkt, in welchen das Wasser vereinzelte Spalträume und Höhlungen findet; sind aber solche Hohlräume in der ganzen Masse des Gesteins ziemlich gleichmäßig vertheilt, so hebt sich der Druck des Eises in den einzelnen Höhlungen auf."

Gesteine, welche eine große Zugfestigkeit besitzen, werden in der Regel frostbeständig sein. Von Einfluß auf die Frostbeständigkeit ist aber auch — besonders bei weichen und wenig haltbaren Gesteinen (z. B. Sandsteinen) — die Bearbei-

tungsweise der letzteren, insofern nämlich durch die Bearbeitung mittelst schwerer und großer Werkzeuge leicht feine Risse u. dgl. im Stein entstehen und die dicht an seiner Oberfläche liegenden Theilchen leiden.*)

Zur Prüfung der Gesteine auf Frostbeständigkeit sind viele Methoden zur Anwendung gekommen. Wir wollen im Folgendem die hauptsächlichsten Prüfungsverfahren in Kürze besprechen.

Das von Brard empfohlene Verfahren**) besteht in einer Nachahmung der Wirkung des gefrierenden Wassers. In kaltem Wasser wird Glaubersalz in solcher Menge aufgelöst, daß eine vollkommen gesättigte Lösung entsteht, in welcher sich noch einige Krystalle befinden. Diese Lösung wird gekocht. Der aus dem zu prüfenden Gestein gefertigte scharfkantige Probewürfel von 3 bis 5 *cm* Seitenlänge wird, nachdem er bei + 100° C. getrocknet und dann gewogen worden ist, mit der Glaubersalzlösung etwa 30 Minuten lang gekocht und hierauf mit einer Schnur an einem Stäbchen über einem Gefäße aufgehängt, das mit dem abgeklärten Bodensatz der Lösung so hoch angefüllt ist, daß die Flüssigkeit den eingetauchten Würfel ganz überdeckt. Die sich hierauf in normaler, nicht feuchter Zimmerluft je nach der Porosität des Steines früher oder später, anfangs langsam, später schneller bildenden, rasch verwitterbaren Krystalle werden sofort wieder durch minutenlanges Eintauchen des Würfels in die Glaubersalzlösung entfernt. Dieses Verfahren wird mindestens eine Woche lang fortgesetzt, jedoch so, daß jeder Stein gleich viel Krystallisationen liefert. Frostbeständige Steine sollen nach dieser Zeit gar

*) Siehe: Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1887, S. 479, 480.

**) Siehe: Brard, Manuel du Minéralogiste et Minéralogie appliquée aux arts, 1829; Handbuch der Architektur, I. Band, 1883, S. 87.

keinen oder doch nur einen höchst geringen (bis 2% betragenden) Substanzverlust zeigen, zerfrierbare dagegen sollen während der Probe in einzelne Stücke zerfallen oder doch wenigstens bei jeder neuen Krystallisation Bestandtheile einbüßen. Letztere werden nach beendigter Probe sorgfältig mit destillirtem Wasser ausgewaschen, bei 100° C. getrocknet, gewogen und procentualiter berechnet.

Diese Brard'sche Methode wird von einigen Fachleuten — z. B. von Fuchs, dem Verfasser einer Preisschrift über Kalk und Mörtel — verworfen, weil nur eine mechanische Spannung bis zur eventuellen Trennung erzielt würde und die abwechselnde Wirkung von Frost und Hitze der Wirkung des Glaubersalzes nicht vollständig entspräche, von Anderen dagegen — z. B. von Héricart de Thury, dem Generalinspecteur der Steinbrüche in Paris — als recht brauchbar bezeichnet. Hauenschild fand,*) „daß entschieden zerfrierbare Steine sicher dieser Probe unterliegen, daß aber auch einerseits gut haltbare Steine erhebliche Substanzverluste erleiden können, und daß diese Substanzverluste andererseits im geraden Verhältnisse mit der Porosität wachsen, dagegen mit zunehmender Zugfestigkeit ebenso abnehmen." „Ist nun," schreibt derselbe, „von einer Gruppe von Gesteinen erfahrungsgemäß ein zerfrierbares und ebenso erfahrungsgemäß ein froſtbeständiges vorhanden, so werden sich unschwer für die Größe der Porosität und der Zugfestigkeit Grenzwerthe aufstellen lassen, die einen annähernd sicheren Schluß gestatten."

Das von Dr. A. Blümcke angewendete Verfahren ist Folgendes.**) Zwei rauh bearbeitete Probesteine in Würfelform von 8 *cm* Seite, von welchen der eine mit Hilfe einer

*) Handbuch der Architektur, 1883, I. Band, S. 87 und 88.

**) Centralblatt der Bauverwaltung, Jahrg. 1885, S. 379 und 380, und Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1877, S. 103.

Luftpumpe mit destillirtem Wasser vollständig durchtränkt oder, was sich weniger empfehlen läßt, auf drei Seiten eine Stunde lang mit Wasser berieselt worden ist, werden, an einem Drahtgestell befestigt, in ein Blechgefäß gehängt, das sich in einem größeren Blechgefäß befindet. Der zwischen beiden Gefäßen verbleibende Zwischenraum von 5 *cm* Weite wird darauf mit einem Gemenge von drei Theilen zerkleinerten Eises und einem Theil Kochsalz (sogenanntes Steinsalzmehl) gefüllt, wodurch eine tiefste Kälte von etwas unter —15° C. im Inneren des kleineren Gefäßes erzeugt wird. Jeder Probestein wird drei Stunden lang dieser Kälte ausgesetzt, darauf herausgenommen und sofort in eine mit Wasser gefüllte Wanne gelegt, in welcher er drei Stunden lang liegen bleibt, damit er wieder die Zimmertemperatur erlangt. Dies Verfahren wird so oft wiederholt, bis deutlich sichtbare Spuren der Verwitterung (Risse, Sprünge, Abblätterungen, Loslösen von Ecken) auftreten. Nach je zehn Gefrierungen wird die Menge der losgelösten Masse nach Verdampfung des Wassers bestimmt.

Dr. Blümcke zieht aus den Ergebnissen dieser Versuche den Schluß, „daß ein Gestein um so frostbeständiger ist, je geringer das Gewicht der Bestandtheile ist, welche das Gestein bei einer bestimmten Anzahl von Gefrierungen verliert.“ Nicht berücksichtigt hat Blümcke den Umstand, daß die Bausteine während des Frostes auch noch belastet sind. Ob durch die Belastung eine Aenderung in der Größe der Frostbeständigkeit hervorgerufen wird, ist noch nicht bekannt, da Versuche nach dieser Richtung hin bisher noch nicht angestellt wurden.

Dr. Böhme prüft die Wetter- und Frostbeständigkeit von Sandsteinen, Schiefersteinen u. s. w. auf folgendem Wege.*) „Kleinere, vom Probestein abgeschlagene Stückchen werden in

*) Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsstationen zu Berlin 1884, S. 107.

einem Wasserbade allmälich bis auf Siedehitze gebracht, einige Zeit auf dieser Temperatur erhalten und durch Einwerfen in kaltes Wasser plötzlich abgekühlt. Alsdann werden die Steinstücke eine Stunde lang mit 15 % Kochsalzlösung gekocht und in dieser Zeit öfter plötzlich abgekühlt, hierauf weiter eine halbe Stunde lang mit 5 % Natronlauge, sodann eine halbe Stunde lang mit derselben Lösung unter Zusatz von 1 % Schwefelammonium, endlich eine halbe Stunde lang mit einer 2 % Eisenvitriol, 2 % Kupfervitriol und 10 % Kochsalz haltenden Lösung gekocht.

Die Probestücke sind wetterbeständig, wenn sie bei allen diesen Operationen vollständig unversehrt bleiben, sich ihr Gefüge nicht verändert und der Gewichtsverlust nur ein minimaler ist."

Böhme prüft die Frostbeständigkeit der Gesteine auch dadurch, daß er sie zunächst 12 Stunden lang in Wasser legt, hierauf die eine Hälfte der Probesteine bei einer Temperatur von — 6° C. bis — 9° C. 25 Stunden dem Frost an der Luft, die andere bei derselben Temperatur 25 Stunden lang dem Frost unter Wasser aussetzt und dann die Zugfestigkeit dieser Steine prüft und dieselbe mit der Zugfestigkeit der ungefrorenen, lufttrockenen Probestücke vergleicht.

Bauschinger setzt die Probesteine, nachdem sie mit Wasser getränkt worden, 25mal dem Gefrieren im Freien aus und bestimmt den Grad der Frostbeständigkeit aus der Differenz der Festigkeit der Steine vor und nach der Prüfung.

L. Tetmaier ermittelt die Frostbeständigkeit aus dem Verhältniß zwischen der Druckfestigkeit der getrockneten Probesteine und der der durchnäßten.

M. A. Braun hält einen Stein für nicht frostbeständig, wenn seine Festigkeit gegen Zug nach der Längsrichtung kleiner ist, als die Expansionskraft des in seinen Poren im Augen-

blicke der Eisbildung enthaltenen Wassers.*) Er prüft di
Steine im Zustande der vollständigen Wassersättigung.

Empfohlen wird auch, den wassergetränkten Stein rasc
wechselnden, einseitig wirkenden Temperatur-Differenzen (z. B
einer Kältemischung und einem Wasserbade von + 40° C.
auszusetzen und darauf die Abnahme der Zugfestigkeit de
Steines zu bestimmen. Am sichersten, aber auch am umständ
lichsten würde es jedenfalls sein, wenn man Probestücke ve
schiedenen Stellen des Steinbruches, dessen Material a
Frostbeständigkeit geprüft werden soll, entnimmt und d
Steine einige Jahre lang den Einwirkungen von Frost un
Hitze, Regen und Schnee aussetzt und beobachtet, ob sich i
Gefüge oder ihr Volumen ändert.

Noch sei erwähnt, daß Hempel in Dresden auch zu
Prüfung der Wetter- und Frostbeständigkeit Salzsäure be
nutzt.

(Vgl. auch den nächsten § 30.)

---

§ 30. X. Die Verwitterung (Dauerhaftigkeit) der natür lichen Gesteine.

Außer der schädlichen Einwirkung des Wassers infolg
der unter Ausdehnung erfolgenden Krystallisation desselben
außer seiner mechanischen Thätigkeit, im Laufe der Zeit i
der Gesteinsmasse Rinnen herzustellen und bei gewaltigen
Andrange Felsstücke loszureißen und fortzuführen, ist es
besonders seine chemische Thätigkeit, welche Zerstörungen
[illegible]rbeiführt. Aber auch die atmosphärische Luft vermag
[illegible]ersetzungen zu erzeugen.

*) Nouvelles Annales de la Construction, 1884, S. 10 bis 15
Annales des Ponts et Chaussées, 1883, Decemberheft.

Von den chemischen Bestandtheilen des Wassers und der Luft werden besonders alle diejenigen Stoffe der Gesteinsmasse angegriffen, welche zu den ersteren Verbindungsneigung besitzen. Der im Wasser und in der Atmosphärenluft in ziemlich großer Menge vorhandene Sauerstoff ist für die sich im Gesteinsinneren vollziehenden Umänderungsprocesse nur von geringerer Bedeutung. Der Sauerstoff wirkt besonders auf die Metallbestandtheile des Steines ein und verwandelt z. B. Schwefelkies allmälich und mit Hilfe des Wassers in schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol), Eisenoxydul in Eisenoxyd, Manganoxydul in Manganoxyd u. s. w., erzeugt also höhere Oxydationsstufen und ruft dadurch Farbenveränderungen hervor. So z. B. geht die von Eisenoxydulsalzen erzeugte dunkelgrüne bis schwarze Farbe vieler Gesteine nach und nach in eine rothe oder braune über, so bleichen die mit Kohlenstoff und Bitumen behafteten Steine infolge vollkommener Oxydation des Kohlenstoffes in flüchtige Kohlensäure an der Luft ziemlich schnell und zeigen dann eine hellgraue, ja weiße Oberfläche, so erhalten viele feldspathhaltigen Gesteine durch die Umwandlung des Eisenoxyduls zu Eisenoxyd eine röthliche Färbung u. s. w. Diese Farbenveränderungen sind nicht immer mit einer wahrnehmbaren Zerstörung des Steines verknüpft, meistens jedoch beginnt die Verwitterung mit Verfärben und Bleichen und es wird durch die Oxydation der weitere Zersetzungsproceß eingeleitet.

Weit gefährlicher als der Sauerstoff ist jedoch für die Gesteine die mit dem Wasser verbundene und auch in der Luft enthaltene Kohlensäure. Denn es giebt außer Gold und Platin kein Mineral, welches in kohlensäurehaltigem Wasser vollständig unlöslich oder unzersetzbar ist.

Kalksteine und Dolomit werden von kohlensäurehaltigem, aber auch reinem Wasser gelöst; Gyps, Anhydrit

und Steinsalz werden vom Wasser direct gelöst und fortgeführt; Orthoklas, Sanidin, Oligoklas, Labrador werden von kohlensäurehaltigem Wasser in Kaolin umgewandelt; Hornblende, Augit, Olivin, Leucit werden unter Abscheidung von Kieselsäure zersetzt u. s. w. Alle Gesteine, welche die vorerwähnten Mineralien als Hauptbestandtheile enthalten, wie z. B. Granit, Felsit- und Leucitporphyr, Syenit, Gneiß, Diorit, besonders aber Diabas, Dolerit und Basalt sind Zerstörungen leicht unterworfen und werden nicht selten vollständig aufgelöst.

Häufig findet auch unter Einwirkung des Wassers eine Umwandlung wasserfreier Mineralien in wasserhaltige z. B. des Anhydrit in Gyps statt; ferner entstehen Reductionen, so z. B. wird Eisenoxydhydrat durch Kohlensäure zu Eisenoxydul reducirt.

Kommen die durch Auslaugung der Gesteinsmasse entstandenen Minerallösungen mit der Atmosphärenluft in Berührung, so verdunstet ein Theil des Wassers oder der Kohlensäure und die gelösten Mineralstoffe scheiden sich zum großem Theile aus; sie setzen sich in den Spalten, Höhlungen und Drusenräumen ab und bilden dadurch Inkrustationen, Stalaktiten, Mineralgänge, Gangsecretionen.

Auf diese Weise werden z. B. durch Wiederabsatz der ausgelaugten Mineralstoffe in den Blasenräumen schlackiger Eruptivgesteine Mandelsteine. Besonders reich an Mineralabsätzen, die von der Auslaugung und Zersetzung des Nebengesteins herrühren, sind die Blasenräume der Melaphyre und die Hohlräume der mandelsteinartigen Basalte.

Zu den zerstörenden Einflüssen des Sauerstoffes, der Kohlensäure, des Wassers u. s. w. gesellen sich auch noch die Angriffe des sich auf den festen Gesteinen entwickelnden, durch Staubablagerung begünstigten Pflanzenlebens. Die

Pflanze dringt mit ihren Wurzeln selbst in die feinsten Steinritzen ein, erweitert dieselben durch ihr Wachsthum und wirkt wie ein Keil auseinandertreibend. Sie entwickelt hierbei eine so gewaltige Kraft, daß sie selbst größere Felsblöcke aus ihrer Lage zu rücken vermag. Die aus den Pflanzen und ihren Wurzeln, aus Flechten und Moosen sich ausscheidenden Säuren wirken auf verschiedene Bestandtheile der Gesteine zersetzend und lösend ein und zerstören ganz besonders leicht Kalksteine.

Allen diesen Angriffen kann selbst der härteste und festeste Stein auf die Dauer nicht widerstehen; bei manchen Gesteinen vergehen jedoch bis zu ihrem vollständigen Zerfall oft mehrere Jahrhunderte.

Besitzt ein Gestein als Hauptbestandtheil Kieselsäure oder besteht es ganz aus diesem Stoff, so ist seine Dauerhaftigkeit eine sehr große. Hierher gehören Quarz, Quarzit, Grauwackenschiefer, quarzreicher Granit, Quarzporphyr.

Nächst der Kieselsäure vermögen manche Silicate den Witterungseinflüssen kräftig zu widerstehen. Kalkerde- und magnesiahaltige Silicate verwittern an der Luft sehr langsam, weil sich Kalkerde und Magnesia nur mit in vielem Wasser aufgelöster Kohlensäure verbinden. Silicate mit kieselsaurem Natron verwittern etwas schneller, aber immer noch langsamer als solche mit kieselsaurem Kalium. Silicate, welche das mit dem Sauerstoffe und der Kohlensäure starke chemische Verwandtschaft besitzende Eisenoxyd enthalten, gehen verhältnißmäßig schnell zu Grunde.

Besitzt ein Gestein kohlensaures oder kieselsaures Eisenoxydul, so wird es von Wasser und Kohlensäure, enthält es Schwefelkies (wie z. B. Thonschiefer), von Wasser und Sauerstoff zerstört.

Glimmerhaltige Gesteine besitzen große Dauerhaftigkeit, wenn der Glimmer eine größere Menge Kalium, geringe Wetterbeständigkeit, wenn er viel Eisenoxydul enthält. Der Glimmer widersteht zwar der chemischen Umwandlung sehr lange, aber infolge seiner großen Spaltbarkeit wird er leicht durch den Frost in Spaltungsblättchen zerlegt und um so leichter, je poröser er ist.

Gesteine mit dichtem Gefüge, großer Härte, hoher Tragfähigkeit und hohem specifischen Gewichte sind dauerhafter als poröse, weiche, wenig feste und leichte.

Gesteine mit feinem Korn verwittern weniger leicht als grobkörnige, solche mit dunklen, lichten Bestandtheilen sind weniger dauerhaft als die mit gleich tief gefärbten Gemengtheilen.

„Blätterige, schieferige, faserige, körnige und erdige zerfallen leichter", schreibt Gottgetreu (a. a. O. S. 143), „je lockerer ihr Zusammenhang ist und je mehr Zwischenräume sie enthalten, indem in diese die atmosphärische Luft und das Wasser leichter Zugang finden. Die Gemengtheile mancher Gesteine verlieren, der Einwirkung der Luft ausgesetzt, ihr gebundenes Wasser und ihre Kohlensäure und zerfallen darauf zu Pulver, andere ziehen dagegen Wasser an und zerfließen oder zerbröckeln."

Der Granit verwittert um so leichter, je grobkörniger und glimmerreicher er ist, je mehr Eisenoxydul seine Feldspath- und Glimmerbestandtheile besitzen, und je poröser der Glimmer ist.

Granitsteine mit Haarrissen sind nicht frostbeständig; quarzreicher Granit — besonders solcher mit weißem Orthoklas — ist sehr dauerhaft, feldspathreicher verwittert leichter. (Dem Feldspath und Glimmer wird durch Kohlensäure und Wasser das Alkali entzogen).

Der Syenit ist zwar im Allgemeinen sehr wetterfest, er vermag jedoch nicht lange der Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser zu widerstehen und wird durch Kaolinisirung seines Feldspathbestandtheiles zerstört.

Gabbro widersteht der Feuchtigkeit um so besser, je geringer sein Labradorbestandtheil ist.

Diorit wird durch kohlensäurehaltiges Wasser angegriffen und ist bei hohem Schwefelkiesgehalt wenig, sonst sehr dauerhaft.

Diabas verwittert seines Augitgehaltes wegen sehr leicht.

Felsit- und Leucitporphyre werden durch Kaolinisirung ihrer Feldspathbestandtheile zersetzt, Quarzporphyr dagegen besitzt eine große Dauerhaftigkeit. Melaphyre und einige Trachytgesteine verwittern leicht durch Zersetzung ihres hohen Feldspathbestandtheiles infolge Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers.

Der Basalt verwittert um so schneller, je größer sein Gehalt an Eisenoxydul, an Labrador und Augit ist. Der Basalt ist reich an Eisenoxydul, wenn seine Oberfläche mit einer abreibbaren, ockerbraunen Kruste überzogen ist.

Gneiß wird durch Umwandlung seines Feldspathes in Kaolin zersetzt. Quarzreicher, dickbankiger, lagenförmiger Gneiß ist dauerhafter als glimmerreicher, eisenhaltiger, dünngeschichteter.

Die Quarzite sind wegen ihres hohen Gehaltes an Kieselsäure sehr wetterfest, ebenso Grauwackenschiefer. Quarzreiche Glimmerschiefer sind dauerhafter als glimmerreiche, solche mit hohem Gehalt an Schwefelkies verwittern schnell und werden ganz zerstört.

Thonschiefer geht um so leichter zugrunde, je dünnschieferiger und je poröser er ist und je mehr Eisenoxydul, Manganoxydul oder Schwefelkies er enthält. Wir haben

bereits in Band I, § 28 angegeben, nach welchen Merkmalen man die Güte des Dachschiefers beurtheilt. Wir wiederholen hier in Kürze, daß dunkle Farbe und möglichste Farbenbeständigkeit, vollkommene Glattschieferigkeit und möglichst dichter Querbruch, leichte Spaltbarkeit in dünne, durchaus ebene Tafeln, leichte Bohrung, heller Klang beim Anschlagen mit einem Hammer, Wasserundurchlässigkeit und keine Festigkeitsverminderung bei Einwirkung von Schwefelsäuredämpfen Kennzeichen eines guten Dachschiefers sind.

Dr. Böhme prüft die Wetterbeständigkeit des Schiefers außer in der von uns bereits im vorigen Paragraphen beschriebenen Weise auch noch auf folgendem Wege.*) Er legt Bruchstücke dieses Materiales auf 75 Stunden in Wasser mit 5% und weitere 50 Stunden in solches mit 10% Salzsäure, um zu untersuchen, ob der Schiefer frei von Schwefelkies und kohlensauren Verbindungen ist. Die nach weiterer vierstündiger Behandlung der Bruchstücke mit reiner 5% Salzsäure im Dampfbade entstehende Flüssigkeit prüft Böhme mit Barytsalzen auf die Gegenwart von schwefelsauren Salzen, welche die Ursache von Auswitterungsproducten sind.

Bezüglich des Widerstandes der schieferigen Gesteine gegen die Witterungseinflüsse bemerkt Hauenschild**) Folgendes: „Schieferige Gesteine widerstehen naturgemäß nur auf dem Hauptbruche, wo sie glatte Flächen, also keine Angriffspunkte für Absorption bieten, je nach ihrer sonstigen Natur, während sie in den Spaltungs-Querbruchflächen oft tief hinein zerstört erscheinen, sobald diese den Infiltrationen der Atmosphärilien ausgesetzt werden."

---

*) Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1884, S. 108.

**) Handbuch der Architektur 1883, I. Band, S. 63.

Der Kalkstein ist im Allgemeinen um so dauerhafter, je mehr kohlensaure Magnesia er enthält, und er verwittert um so schneller, je größer sein Gehalt an Eisenoxydul ist (wegen der Umwandlung desselben durch Sauerstoff in Eisenoxyd). Setzen sich Flechten und Moose auf seine Oberfläche, so wird er bald durch die von diesen abgeschiedenen Säuren zerstört. Unter Wasser, besonders wenn dasselbe Kohlensäure enthält, ist seine Dauerhaftigkeit eine sehr geringe. Im glühenden Zustande verliert der Kalkstein seinen Kohlensäurebestandtheil und wird mürbe. Manche Oolithen- und Foraminiferenkalke vermögen dem Frost keinen Widerstand entgegenzusetzen, auch sind thonhaltige Kalksteine wenig froſtbeständig. Bei der Prüfung des Kalksteines auf seinen Gehalt an Thon, Kieselsäure, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd u. s. w. sind folgende Arbeiten zu verrichten.*)

1. Pulverisiren des Kalkes und Trocknen des Pulvers bei einer den Siedepunkt des Wassers nur wenig überschreitenden Temperatur, bis kein Gewichtsverlust mehr festzustellen.

2. Wiederholtes Uebergießen des genau gewogenen Kalksteinpulvers mit verdünnter Salzsäure in kleinen Quantitäten, bis das Aufbrausen aufhört.

Hierdurch wird der ganze Kalk, sowie etwa vorhandenes Eisenoxyd aufgelöst. Enthielt die Probe Eisenoxyd, so zeigt die Lösung eine rothe oder gelbbraune Färbung. Thon (oder Thon und Kieselsäure) bleiben ungelöst zurück und bilden eine schlammartige oder kleisterartige Masse, welche braun gefärbt erscheint und Kohle absetzt, falls dem Kalke bituminöse oder kohlige Stoffe beigemengt gewesen.

3. Abfiltriren der Flüssigkeit und Trocknen der auf dem Filter zurückbleibenden ungelösten Rückstände.

---

*) Nach G. K. Strott, Baumaterialien, S. 54 und 55.

Durch genaues Wiegen dieser Rückstände kann man den Gehalt des Kalksteines an Thon oder Thon und Kieselsäure leicht bestimmen.

Die abfiltrirte Flüssigkeit enthält Kalk und Magnesia, eventuell auch Eisenoxydul, Eisenoxydhydrat u. s. w.

Um die Menge des kohlensauren Kalkes zu bestimmen, verfährt man folgendermaßen.

4. Behufs Neutralisirung der überschüssigen Säure Zusatz von Salmiakgeist bis zum starken Riechen der Flüssigkeit.

5. Filtriren der Flüssigkeit, wobei die Eisenoxyde auf dem Filter zurückbleiben, und geringes Anwärmen des Filtrates.

6. Zusatz einer Auflösung von oxalsaurem Ammoniak, bis kein weißer Niederschlag mehr erfolgt. Es bildet sich dann oxalsaurer Kalk.

7. Filtriren des Ganzen, Auswaschen des auf dem Filter zurückbleibenden Niederschlages mit destillirtem Wasser, Trocknen und Glühen des Niederschlages in einem Platintiegel.

Hierbei verbrennt das Papierfilter und der oxalsaure Kalk geht in kohlensauren Kalk über. Letzteren wiegt man und berechnet daraus den Kalkgehalt (100 Theile kohlensaurer Kalk enthalten 56 Theile Kalk).

Die Bestimmung des Magnesiagehaltes des Kalksteines geschieht auf folgendem Wege.

8. Zusatz von phosphorsaurem Natron und etwas Salmiakgeist zu dem letzten Filtrat bis zum Aufhören eines Niederschlages.

Nachdem das Ganze etwa 12 Stunden lang ruhig stehen gelassen:

9. Sammeln des krystallinischen Niederschlages auf einem [illegible]er, Aussüßen, d. h. Waschen mit salmiakgeisthaltigem

Gottgetreu hat eine Classification der natürlichen Steine nach dem Grade ihrer Verwitterung vorgenommen,*) die wir hier folgen lassen wollen, weil durch sie eine Uebersicht gewonnen wird. Im Allgemeinen erfolgt die Verwitterung:

sehr langsam: bei schlackigen Laven;

langsam: bei Porphyren, Quarzfels, Kieselschiefer, Marmor, Dolomit, Kreide, Gyps, Basalt und allen zu letzterem gehörenden Gesteinen;

mäßig schnell: bei Granit, Phonolith, Gneiß, Glimmerschiefer, Syenit, Diorit, Thonschiefer und Grauwacke;

schnell: bei Sandstein, Mergel, Basalttuff und Kalktuff.

Die Dauerhaftigkeit eines Steines hängt aber nicht nur von seiner chemisch-mineralogischen Zusammensetzung und der auf und in ihm entwickelten Vegetation ab, sondern auch von seinen Structurverhältnissen, besonders von seiner Porosität.

Im Allgemeinen werden Gesteine mit gleichmäßig feinkörnigem oder dichtem Gefüge gegen die Witterungseinflüsse widerstandsfähiger sein als solche mit grobkörnigem oder schieferigem und porenreichem.

Weiter ist die Dauerhaftigkeit eines Steines auch abhängig von dem Orte seiner Gewinnung, denn z. B. werden Steine, welche der Oberfläche der Gebirge oder Lagerstätten entstammen, die Schichtenstörungen, Spaltungen, Verwerfungen, Faltungen oder Biegungen zeigen, fast immer eher zugrunde gehen als solche aus dem Inneren und der Tiefe der Berge und aus mächtigen, gleichförmig abgelagerten Gesteinsmassen.

---

*) Baumaterialien, I. Theil, 1880, S. 146.

Alabaster hält sich im Freien nicht lange und wird von Wasser gelöst.

Nach den vieljährigen Beobachtungen von J. Stoklasa geht das Verwittern der Sandsteine in folgenden vier Entwickelungsstufen vor sich:*)

1. Oxydation der Eisenverbindungen (Gelbwerden der Sandsteine).

2. Auslaugen der Carbonate.

3. Allmäliches Verschwinden der Hälfte des gesammten Calcium-Carbonates und verhältnißmäßiger Zuwachs an Silicaten und Sand.

4. Zerfall der Masse.

Sandsteine mit kieseligem Bindemittel und weiße Sandsteine mit scharfkantigen Quarzbestandtheilen und geringem Bindemittel sind die dauerhaftesten. Solche mit mergeligem, thonigkalkigem oder kalkigem Bindemittel haben eine geringere Dauer. Je poröser ein Sandstein mit mergeligem Bindemittel ist, um so leichter wird er durch Frost zerstört und um so üppiger wuchern auf ihm Flechten und Moose, um so schneller verwittert er. Sandsteine mit thonigem Bindemittel ziehen um so mehr Feuchtigkeit an, je reiner das Bindemittel ist, solche mit kalkigem oder thonig-kalkigem werden leicht von Flechten und Moosen überzogen und dann durch Humussäuren bald zerstört. Sandsteine mit Nestern von Thoneisenstein oder mit Schwefelkies besitzen eine geringere Dauerhaftigkeit.

Der Gehalt eines Sandsteines an Thon und an kohlensaurem Kalk wird durch Behandeln einer pulverisirten Probe mit Salzsäure u. s. w. bestimmt, wie dies oben bei der Prüfung des Kalksteines näher angegeben wurde.

*) Siehe: Landw. Vers. Stat. 1885, S. 32 und 203.

Gottgetreu hat eine Classification der natürlichen Steine nach dem Grade ihrer Verwitterung vorgenommen,*) die wir hier folgen lassen wollen, weil durch sie eine Uebersicht gewonnen wird. Im Allgemeinen erfolgt die Verwitterung:

sehr langsam: bei schlackigen Laven;

langsam: bei Porphyren, Quarzfels, Kieselschiefer, Marmor, Dolomit, Kreide, Gyps, Basalt und allen zu letzterem gehörenden Gesteinen;

mäßig schnell: bei Granit, Phonolith, Gneiß, Glimmerschiefer, Syenit, Diorit, Thonschiefer und Grauwacke;

schnell: bei Sandstein, Mergel, Basalttuff und Kalktuff.

Die Dauerhaftigkeit eines Steines hängt aber nicht nur von seiner chemisch-mineralogischen Zusammensetzung und der auf und in ihm entwickelten Vegetation ab, sondern auch von seinen Structurverhältnissen, besonders von seiner Porosität.

Im Allgemeinen werden Gesteine mit gleichmäßig feinkörnigem oder dichtem Gefüge gegen die Witterungseinflüsse widerstandsfähiger sein als solche mit grobkörnigem oder schieferigem und porenreichem.

Weiter ist die Dauerhaftigkeit eines Steines auch abhängig von dem Orte seiner Gewinnung, denn z. B. werden Steine, welche der Oberfläche der Gebirge oder Lagerstätten entstammen, die Schichtenstörungen, Spaltungen, Verwerfungen, Faltungen oder Biegungen zeigen, fast immer eher zugrunde gehen als solche aus dem Inneren und der Tiefe der Berge und aus mächtigen, gleichförmig abgelagerten Gesteinsmassen.

---

*) Baumaterialien, I. Theil, 1880, S. 146.

Von großem Einflusse ist auch der Ort der Verwendung. Wir wissen bereits aus § 28, daß ein ein- oder mehrmaliger schroffer Uebergang von großer Wärme zur Kälte und ein häufiger Wechsel von Trockenheit und Durchfeuchtung eine Zerstörung des Steines herbeiführt, und es wird durch die Erfahrung bestätigt, daß ein Stein in einer gleichmäßig ungünstigen Lage eine größere Dauer besitzt als in einer abwechselnd günstigen und ungünstigen.

Bezüglich der Verwendung von Kalksteinen und Dolomiten hat man wohl zu beachten, daß dieselben auf dem Lande weniger leicht verwittern als in Groß- und Fabrikstädten; in letzteren werden diese Gesteine durch schwefelige Säure aus der durch Steinkohlenrauch oft in hohem Grade verunreinigten Luft stark angegriffen.

Von Einfluß ist auch die Art der Verwendung, denn es werden z. B. auf ihr natürliches Lager versetzte Quader durch die Witterung weniger leicht zerstört als Werkstücke, welche mit ihren Schichtungsflächen senkrecht gestellt sind.

Die Dauerhaftigkeit eines Steines läßt sich endlich auch nicht selten aus der Färbung desselben beurtheilen, indem die Farbe häufig auf schädliche Bestandtheile des Steines hinweist (z. B. die rothe Farbe oft auf Eisenoxyd, die rothbraune meistens auf Eisenoxydhydrat u. s. w.). Schließlich mag noch erwähnt sein, daß nach Rondelet's Wahrnehmung Steine von schwärzlicher oder bläulicher Farbe dauerhafter sein sollen als die von weißer, grauer oder röthlicher.

---

§ 31. XI. Feuerbeständigkeit.

Steine, die im Feuer längere Zeit ohne Risse bleiben und nicht schmelzen, nennt man feuerfeste. Es können verhältniß-

mäßig nur wenige natürlichen Gesteine den Einwirkungen des Feuers auf die Dauer widerstehen, und zwar sind dies hauptsächlich:

Glimmerschiefer,
Chloritschiefer,
Topfstein (Talkschiefer),
Serpentin,
Gyps,
Sandsteine mit thonigem, aber auch mit kieseligem Bindemittel (Kohlensandstein aus der Umgegend von Trier, Dyassandstein aus der Umgebung von Cassel, aus dem Großherzogthum Hessen u. s. w., Keupersandstein aus Württemberg, Quadersandstein mit thonigem Bindemittel, Hilssandstein aus den Regierungs-Bezirken Minden und Osnabrück),
Thonschiefer,
Trachyttuff (Backofenstein),
Bimsstein,
Traß,
Basalttuff aus der Oberpfalz.

Alle diese Gesteine — mit Ausnahme des Gyps, welcher gern als Ueberzug für eiserne Säulen zum Schutze gegen die Einwirkung von Feuer verwendet wird — eignen sich zur Herstellung von Schmelzöfen, Kalköfen, Herden, Ofenplatten u. s. w.

Alle übrigen natürlichen Gesteine werden von sehr großer Hitze mehr oder weniger schnell zerstört und besonders leicht solche, die grobkörnige Gemengtheile besitzen, welche sich in der Hitze ungleich ausdehnen und durch die bei höherer Temperatur auftretenden ungleichen Spannungen leicht zerspringen (z. B. grobkörniger Granit und Syenit).

Nicht feuerbeständig sind Basalt, welcher im Feuer rissig wird und, wie überhaupt alle Augitgesteine, bei großer

Hitze zu einer glasigen Masse zusammenschmilzt, Kalkstein Mergel und Dolomit, die in der Hitze den größten Thei ihrer Kohlensäure verlieren und dann an der Luft durch fort währende Wasseraufnahme zu Pulver zerfallen, und Sand stein mit mergeligem und kalkigem Bindemittel.

Man prüft die Steine auf Feuerbeständigkeit am ein fachsten dadurch, daß man sie auf sechs und mehr Stunden in ein Holz- Torf- oder Steinkohlenfeuer einlegt und si dann in einem warmen Ofen allmälich abkühlt.

Dr. Böhme wendet folgende beiden Methoden an. Di Steine werden zwei Stunden lang einem Gasfeuer unte Einwirkung kalter Luft oder, nachdem sie 50 Stunden lang im Wasser gelegen, eine Stunde lang einer Weißglühhitz ausgesetzt und hierauf im Wasser abgelöscht. Bei beiden Ver fahren darf der Stein seinen Zusammenhang nicht verlieren doch ist zu bemerken, daß in der Weißglühhitze selbst ein feuerfester Stein meistens rissig wird.*)

Zum Schluß sei noch hervorgehoben, daß die Gestein sowohl während der Einwirkung des Feuers als auch nach derselben eine geringere Druck- u. s. w. Festigkeit besitzen

§ 32. XII. Farbe und Farbenbeständigkeit.

Bei gleicher Dauerhaftigkeit, Festigkeit und Bearbeitungs fähigkeit wird man denjenigen Gesteinen stets den Vorzu geben, welche eine wirkungsvollere Färbung zeigen.

Die verschiedene Färbung der Gesteine wird hervorgeruf durch mikroskopisch kleine, keine bestimmte Gestalt besitzende B standtheile, welche gewöhnlich nur in geringer Menge, vorhand

*) Dr. Böhme, Festigkeit der Baumaterialien u. s. w. Berl 1876, S. 42.

sind und von der Hauptmasse nicht mehr scharf unterschieden werden können. Besonders sind es Eisen-, Mangan- und Chromverbindungen, aber auch Vanadin-, Kobalt-, Nickel- und Kupferverbindungen, welche die Farbe des Gesteins bestimmen. Die Eisenverbindungen färben es gelb, roth, braun, schwarz und violett, die Manganverbindungen violett und röthlich, die Chromverbindungen roth, grün oder gelb, die Vanadinverbindungen grün u. s. w.

Die grüne Farbe wird auch von äußerst feinen Chloritschüppchen und die graue bis schwarze von feinvertheiltem Graphit oder Bitumen erzeugt.

Auch ist die Farbe der Mineralien oft durch ihre chemische Zusammensetzung bedingt (z. B. bei Gold, Malachit, Rothbleierz) Bei dem Florentiner Ruinenmarmor werden die eigenthümlichen Zeichnungen durch rothfarbige Eisenflecke hervorgerufen

Bei der Wahl der Gesteine ist aber nicht nur die Farbenpracht, wie sie der Stein vielleicht im Bruche oder im frischen Zustande zeigt, sondern auch die Farbenbeständigkeit, die im Laufe der Zeit etwa zu erwartende Farbenveränderung wohl zu berücksichtigen (z. B. beim Schiefer). Während einige Gesteine unter der Einwirkung des Sauerstoffes der Luft allmälich verbleichen und unansehnlicher werden (z. B. feldspathreiche, Eisenoxydul besitzende Gesteine und manche Kalke), wird bei anderen ihre Farbenpracht nach und nach erhöht, so z. B. beim Buntsandstein, welcher im Laufe der Zeit eine herrliche goldbraune, grünlich untermischte Patina erhält, und beim Travertin, der sich allmälich röthlicher färbt und später gleichfalls eine schöne Patina annimmt.

Zu den farbenprächtigsten und daher meistens auch sehr theuren Gesteinen gehören neben den echten Marmorarten auch der Eklogit, der edle Serpentin und einige Porphyre.

Bei farbigen Gesteinen mit einzelnen Flecken und S
ist zu prüfen, ob diese helleren oder dunkleren Stellen
auf eine beginnende Verwitterung oder Oxydation hinn
ist dies der Fall, so müssen derartige Steine mit V
verwendet werden.

Drittes Capitel.

Die Bearbeitung und Conservirung der natürlichen Gesteine.*)

§ 33. Einleitung.

Wenn irgend möglich, wird man die für Bauzwecke bestimmten Steine schon in der bestellten oder üblichen Form und Größe vom Felsen abtrennen, anderenfalls müssen die Bruchsteine, wenn sie größere Dimensionen besitzen, je nach ihrer Härte und Festigkeit durch Eintreiben von Keilen, durch Steinsägen u. s. w. in kleinere Stücke zur Erleichterung des Transportes getheilt werden.

Die Bruchsteine werden, bevor man sie dem Werkplatze der Steinmetze zuführt (was am besten im Winter geschieht),

---

*) Benutzte Literatur: R. Gottgetreu, Baumaterialien. Berlin 1880 I. Band, S. 195 bis 204. — Derselbe, Lehrbuch der Hochbauconstructionen. Berlin 1880. I. Theil, Maurer- und Steinmetzarbeiten S. 54 bis 67, S. 266 bis 268, S. 311 und 312. — E. Dietrich, Die Baumaterialien der Steinstraßen. Berlin 1885. — H. Hauenschild, Katechismus der Baumaterialien. Wien 1879. I. Theil, S. 167 bis 178. — G. R. Strott, Die Baumaterialien, ihre Herstellung, Bearbeitung und Verwendung. Halle a. d. S. 1883. — Derselbe, Wichtigste Eigenschaften der Baumaterialien. Holzminden 1878. — V. Wahlburg,

durch geeignete, später noch näher zu beschreibende Werkzeuge in die gewünschte, meist parallelepipedische Form gebracht, welche in allen drei Dimensionen um ein gewisses Maß größer sein muß als das aus ihr später herzustellende Werkstück. Dieses Maß — Arbeits-, Werk-, Bruch- oder Steinmetzzoll genannt — ist abhängig von der Härte und der Kostbarkeit des Steines und beträgt im Allgemeinen 25 bis 30 *mm*.

Die schon im Steinbruche erfolgende Herstellung dieser rohen Quaderform gehört, wie bemerkt, nicht zur eigentlichen Steinmetzarbeit; letztere umfaßt vielmehr die kunstgerechte Herrichtung von Werkstücken, Schnittsteinen und Quadern mit scharfen Kanten und verschieden bearbeiteten Ansichts-, Stoßfugen und Lagerflächen, von Thür- und Fenstergewänden, Treppenstufen, Trottoir- und Abdeckungsplatten, Bord- und Pflastersteinen, Grabdenkmälern, Steinkrippen u. s. w., ferner die Ausarbeitung von ornamentirten und profilirten Gesimsgliederungen, von Säulen ohne und mit verzierten Kapitälen und Cannellirungen u. s. w.

Neben diesen durch die Hand des Steinmetzes oder durch Hobelmaschinen, Drehbänke, Schleif- und Polirmaschinen, Steinsägen u. s. w. bewirkten Bearbeitungen der natürlichen Gesteine müssen wir jedoch auch in diesem Capitel die Herstellung des Beschotterungsmateriales, das Spalten und Zurichten der Schiefertafeln, das Behauen und Anfertigen der Mühlsteine u. s. w. näher beschreiben.

Schleif-, Polir- und Putzmittel (Bd. 128 von Hartleben's chemisch-technischer Bibliothek) 1886. — R. Krüger, Handbuch des gesammten Straßenbaues in Städten. Jena 1881. — Handbuch der Baukunde Berlin 1885. I. Abthlg. Band 1. — Handbuch der Architektur. Darmstadt 1883. 1. Band, Constructionsmaterialien S. 91 bis 106. — Karmarsch' und Heeren's technisches Wörterbuch, III. Auflage. Prag, 1876 u. ff. — Band VI, S. 13 bis 15. — Band VII, S. 595 bis 596. — Band VIII, S. 455 bis 463, 469 bis 471.

§ 34. Eintheilung und Größe der Bausteine.

Die Bausteine werden eingetheilt in:

1. gewöhnliche Bruchsteine, die in der bei der Abtren-ung vom Felsen erlangten zufälligen Gestalt belassen oder nur enig mit dem Hammer zugehauen werden, um die ihre Ver-endung erschwerenden oder hindernden Zacken u. s. w. zu eseitigen, und — wenn nothwendig — durch Eintreiben von eilen oder durch Sägen in kleinere Stücke getheilt werden. Die ewöhnlichen Bruchsteine, zu denen auch die Findlinge, Gerölle nd Geschiebe gerechnet werden, verwendet man zu billigem Nauerwerk, besonders zur Herstellung von Fundamenten, erner zu Schiebepflasterungen und zerkleinert als Beschot-erungsmaterial für Chausseen und Fußwege.

2. Lagerrechte Bruchsteine (Grundstücke, Hurzeln), eren Kopf- und Fußflächen bearbeitet sind. Man stellt aus en größeren Steinen Mauerwerk, aus den kleineren Straßen-flasterungen her.

3. Schichtsteine, welche an der Stirn (dem Haupt, er Ansichtsfläche) und dem vorderen Theile der Lager- und Stoßfugenflächen bearbeitet sind.

4. Werkstücke, Werksteine, Schnittsteine, Hau-teine, Quader, deren Ansichtsflächen, Kopf-, Fuß- und Stoßfugen-Flächen zugeschnitten (gesägt), zugehauen, zugespitzt ı. s. w. sind.

Aus den ad 3 und 4 beschriebenen Bausteinen führt nan Monumentalbauten auf. Die Quader werden auf allen echs Seiten entweder regelmäßig bearbeitet oder — zur Er-parniß an Herstellungskosten — nur gespitzt. Bei Ziegelstein-der Bruchstein-Verblendungen erstreckt sich die regelmäßige Bearbeitung beziehungsweise das Spitzen nur auf 5 Seiten,

die an das Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk angrenzende Rückseite der Quader wird nur bossirt.

Die Abmessungen der natürlichen Bausteine sind nicht nur abhängig von der Verwendungsart, sondern auch von der Biegungsfestigkeit (besonders bei freitragenden Treppenstufen), von der Art und Weise des Versetzens der Steine (ob dieselbe mit oder ohne Hilfe von Hebemaschinen erfolgen soll), von den zur Verfügung stehenden Transportmitteln und von der Mächtigkeit der natürlichen Lager im Steinbruche. Daher werden Quadermauern oftmals in Schichten von verschiedener Höhe aufgeführt.

Nach Semper sollen sich die Quadrate der Höhen von zwei verschieden hohen Schichten im Quadermauerwerk wie die Längen der Steine verhalten. Bezeichnet man mit h die Höhe und mit l die Länge des niedrigeren, mit H die Höhe und L die Länge des höheren Quaders, so soll also das Verhältniß stattfinden:

$$h^2 : H^2 = l : L$$

oder:

$$h : H = \sqrt[2]{l} : \sqrt[2]{L}.$$

Ist also beispielsweise $h = 25\,cm$, $l = 50\,cm$ und $H = 30\,cm$, so muß: $L = \frac{30.30.50}{25.25} = 72\,cm$ betragen.

Beim Quaderbau mit Backsteinverblendung müssen behufs Erzielung eines guten Verbandes die Abmessungen der natürlichen Steine durch die Dimensionen des zur Hintermauerung verwendeten Ziegelsteines ohne Rest theilbar sein. Bei Verblendungen in Haustein sollen nach Gottgetreu die Läufersteine eine Breite von mindestens 25 bis 30 *cm* erhalten und die Binder- oder Streckersteine so lang sein, daß sie 80 bis 90 *cm* tief in die Mauer eingreifen.

Als ein gutes Verhältniß zwischen der Höhe (h), der Breite (b) und der Länge (l) wird empfohlen:

$$h : b : l = 1 : 2 : 3$$

oder:

$$h : b : l = 1 : 2 : 4.$$

Ist also z. B. die Höhe eines Quaders 20 *cm*, so soll seine Breite 40 *cm* und seine Länge 60 oder 80 *cm* betragen.

Um zu verhüten, daß die Steine in der Mauer durch den Druck zerstört werden, darf ihre Länge im Verhältniß zu ihrer Höhe nicht zu groß gewählt werden.

Meistens giebt man den natürlichen Bausteinen eine Höhe von 20 bis 30 *cm* (Bruch- und Schichtsteine werden selten höher als 25 *cm* gemacht), eine Breite von 30 bis 60 *cm* und eine Länge von 60 bis 90 *cm*. Bei Steinen mittlerer Härte und Festigkeit darf die Länge das Doppelte bis Dreifache, bei sehr harten und festen Steinen, welche eine größere Dicke als 30 *cm* besitzen, das Vier- bis Fünffache der Höhe betragen. Die Breite wird selten größer als das Doppelte bis Dreifache der Höhe angenommen.

Sollen zwei Arbeiter, ohne Hilfsmittel zu benutzen, im Stande sein, einen Stein aufzuheben, fortzutragen und zu versetzen, so werden die Werkstücke die oben angeführten Maximaldimensionen nicht erhalten dürfen, selbst wenn sie zu den specifisch leichteren Gesteinsarten gehören. Denn beispielsweise wiegt ein Sandstein von 30 *cm* Höhe, 60 *cm* Breite und 90 *cm* Länge bei einem specifischen Gewichte von 2·1:

$$3 . 6 . 9 . 2{\cdot}1 = 340{\cdot}2\ kg,$$

eine Last, die zwei Arbeiter nicht zu tragen vermögen.*)

*) Es läßt sich leicht eine Formel für die maximale Länge eines von zwei Arbeitern zu verlegenden Steines aufstellen. Bei der Annahme, daß jeder Arbeiter ohne Ueberlastung 50 *kg* zu tragen vermag, daß also der Stein im Maximum zwei Centner wiegen darf, erhält man ($h : b : l = 1 : 2 : 3$ vorausgesetzt) einen Stein-

Schwere Blöcke erfordern zu ihrem Versetzen geeignete Hebemaschinen (Flaschenzüge, Winden, Krahne u. s. w.), von deren Tragkraft die Blockgröße abhängt.

Die Berechnung geschieht im allgemeinen:

nach Kubikmetern, wenn die Steine in allen drei Dimensionen länger als 30 *cm* sind (z. B. Quader, Pfeiler, Sockel), wobei immer das dem vollendeten Stein umschriebene kleinste Prisma zu nehmen ist;

nach Quadratmetern, wenn die Steine nur eine Dimension unter 30 *cm* haben und sich diese nicht verändert (z. B. Platten, Pflastersteine);

nach laufenden Metern, wenn die Steine zwei Dimensionen unter 30 *cm* besitzen und sich ihr Querschnitt nicht verändert (z. B. Treppenstufen, Rinnen);

nach Stück, wenn die Steine nicht umfangreich und besonders schwierig zu bearbeiten sind (z. B. Säulencapitäle).

---

§ 35. Das Bossiren.

Das Bossiren, d. h. das rohe Behauen zu Quadern geschieht in folgender Weise.

---

inhalt von $J = h \,.\, b \,.\, l = \frac{2}{9} l^3\ dm^3$ und bei einem specifischen Gewichte des Steines $= \gamma$ die Gleichung:

$$\frac{2}{9} \,.\, l^3 \,.\, \gamma = 100 \text{ oder } l = \sqrt[3]{\frac{450}{\gamma}}\ dm.$$

(Ist das Verhältniß $h : b : l = 1 : 2 : 4$, so ergiebt sich $l = \sqrt[3]{\frac{800}{8}}\ dm$).

Nach unseren Formeln könnte der Sandstein mit $\gamma = 2{\cdot}1$ im ersten Falle eine Länge von $l = \sqrt[3]{214{\cdot}3} = 5{\cdot}9\ dm$ oder rund 60 *cm*, eine Breite von 40 *cm* und eine Höhe von 20 *cm*, und im zweiten Falle eine Länge von $l = \sqrt[3]{380{\cdot}95} = 7{\cdot}2\ dm$ oder 72 *cm*, eine Breite von 36 *cm* und eine Höhe von 18 *cm* erhalten.

Der Bruchstein wird mit einer seiner größten Flächen nach oben gelegt und auf diese Lagerfläche mit Hilfe eines Richtscheites, eines graden, etwa 1·0 *m* langen Lineales, und des Winkeleisens (von 40 bis 60 *cm* Schenkellänge) mit einem Buntstift (Röthel) oder durch Einritzen mit einem spitzen Stahl ein Rechteck aufgezeichnet. Alsdann werden die vorstehenden Zacken dieser Fläche abgeschlagen und alle gröberen Unebenheiten beseitigt, jedoch die Oberfläche dieser Lagerseite rauh und kleinbuckelig belassen. Hierauf wird der Block mit Hilfe des Geisfußes siehe Figur 14) gekantet, sodann wird

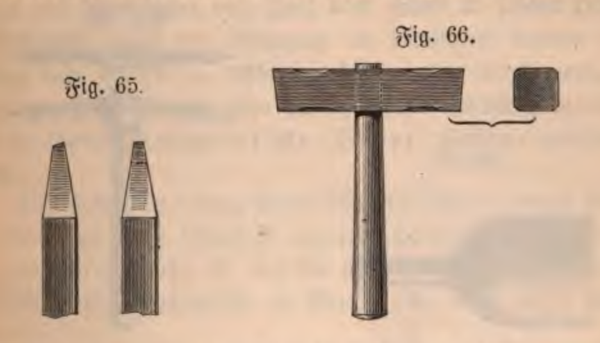


Fig. 65. Fig. 66.

auf die zunächst liegende Seite ein Rechteck aufgetragen und, nachdem man mit Lineal und Winkeleisen die Richtung dieser Seitenfläche bestimmt hat, letztere bossirt.

Von diesen beiden bossirten Flächen aus wird darauf die rechtwinkelige Richtung der dritten Seitenfläche des Steinblockes gemessen und dieselbe in gleicher Weise in Arbeit genommen — und so fort.

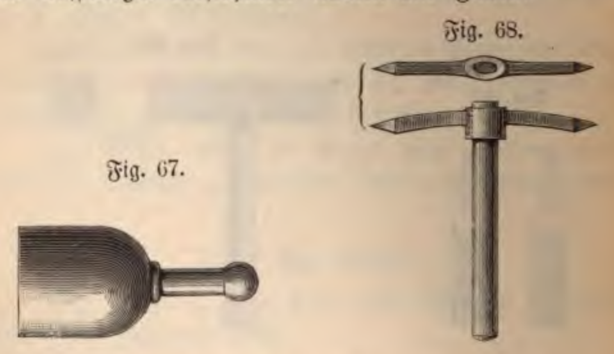
Das Bossiren erfolgt bei den härteren und festeren, schwerer zu bearbeitenden Steinen mit dem Spitzeisen, (Spitzmeißel, Bossirwaffe, Bossireisen, Figur 65.), einem etwa 24 *cm* langen, 1·5 bis 2·0 *cm* dicken Eisen mit vierseitig ausgeschmiede-

ter, etwas stumpfer, grader oder schräger Spitze, und mit dem 1 bis 4 *kg* schweren **Bossirhammer** (Poussirhammer, Figur 66.), einem mit zwei viereckigen, gegen den Holzstiel um ein Geringes geneigten Bahnen versehenen, eisernen Schlägel oder mit einem 2 bis 3 *kg* schweren, etwa 13 *cm* langen und circa 5 *cm* hohen, an einem etwa 20 *cm* langen Holzstiele sitzenden **Handfäustel** (siehe Figur 12.).

Diese Hämmer dienen nicht nur zum Treiben des von oben in die „Bosse" eindringenden Eisens, sondern auch zum Absprengen vorstehender Kanten und Zacken.

Fig. 68.

Fig. 67.



Zur Bearbeitung der Gesteine **mittlerer** oder **geringer Festigkeit** benutzt man statt der eisernen Hämmer einen aus zähem Holze, am besten aus Weißbuchenholz hergestellten, halbkugelförmig gestalteten, circa 16 *cm* Durchmesser besitzenden und mit einem 15 *cm* langen Stiele versehenen **Schlägel** (Klöpfel, Figur 67).

Weichere Gesteine und **mittelharte** werden mit dem **Zweispitz** (Spitzpicke, Picke, Figur 68) behauen, einem 30 bis 50 *cm* langen, 6 *cm* dicken, symmetrisch gestalteten, an einem Holzstiel von 40 bis 50 *cm* Länge sitzenden Hammer mit pyramidenförmig oder schmalkantig zugespitzten und zu

nz kleinen quadratischen Flächen abgestumpften Enden. Zur rleichterung des Absprengens kleiner Steinstücke wird dieses Berkzeug, das übrigens auch zur Herstellung von Furchen nd Höhlungen benutzt werden kann, in schiefer Richtung gen die Bosse geführt.*)

§ 36. Die Herstellung der Schläge.

Der bossirte Block wird auf dem Werkplatze des Steinnetzes auf Unterlagen von Holz oder Stein in solcher Höhe „aufgebänkt", daß der Steinmetz an demselben bequem — tehend oder sitzend — arbeiten kann, und mit derjenigen Begrenzungsfläche nach oben gelegt, welche als die geeignetste ür die spätere Ansichtsfläche (Haupt, Stirn) gehalten vird.

Wir haben in diesem Werke schon wiederholt darauf hingewiesen, daß jedes Werkstück auf sein natürliches Lager verlegt werden muß. Es ist dies die untere, sogenannte harte Lagerfläche der Steinschicht im Bruche (die obere wird das

*) „Das Aussehen bossirter Flächen ist für gewisse Steingruppen harakteristisch. Bei den harten und zähen, körnigen Steinen mit splitterigem Bruche bleiben große, unregelmäßig gerundete Buckel zwischen iefferen, schmalen Meißelfurchen stehen; bei weiterer Bearbeitung wachsen die Dimensionen der Furchen gegenüber den Buckeln; zuletzt leiben von letzteren nur mehr rippenartige Erhöhungen stehen. Bei röden Gesteinen dagegen, wo der Meißel mit Vortheil mehr spitzinkelig gegen die Fläche angesetzt wird und flachmuschelige Fragente fortspringen, erscheint die Fläche nie mit so tiefem Relief, e bei den zähen, harten Steinen. Bei groblöcherigen Kalken oder uchwacke treten die netzförmig sich kreuzenden Wände am Sägenitte scharf markirt heraus, und bei Conglomeraten zeigt sich die erfläche aus lauter Kugel- oder Sphäroid-Abschnitten gebildet." uenschild, Handbuch der Architectur, Band I, S. 91.

weiche Lager genannt). Als Ansichtsfläche muß daher eine der senkrecht auf dem Bruchlager stehenden Flächen ausgewählt werden.

Gottgetreu bemerkt hierzu (a. a. O. S. 67): „Von großer Wichtigkeit ist es, daß jedes Werkstück auf's Bruchlager versetzt wird, anderenfalls wird es leicht durch die Witterung zerstört, auch würde ein mit seinen Schichtungsflächen senkrecht gestellter Quader durch eine darauf gebrachte Last vollständig zerklüftet werden; ebenso müssen Decksteine, Belagsplatten, Fenster- und Thürbänke auf ihr Bruchlager verlegt werden. Auch bei allen vorspringenden Gesimsen, die im Aeußeren einer Façade sich befinden, dürfen keine gestellten Steine verwendet werden; nur unbelastete Verkleidungsplatten stellt man, um Kosten zu ersparen, auf's Haupt. Bei den Thür- und Fenstereinfassungen muß das Lager nach Außen in die Flucht der Mauerfläche gebracht werden; dann bildet das Haupt die Leibung und erscheint mehr gegen die Angriffe der Atmosphärilien geschützt. Sockelplatten, gestellte Friesstücke u. s. w. sollten stets, um gegen den Einfluß der Witterung geschützt zu sein, Lager- und Deckplatten erhalten."

Fig. 69.

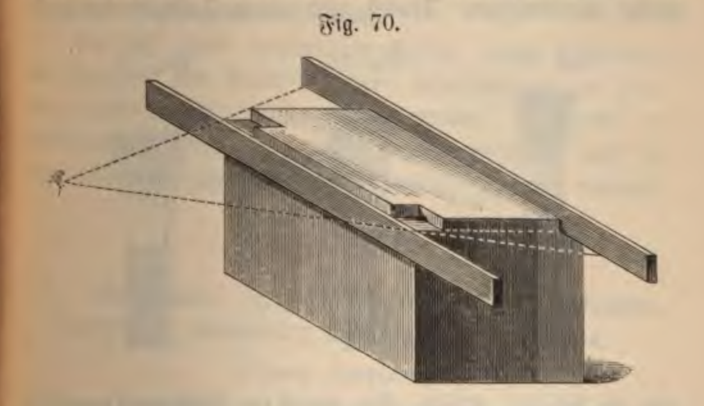


Bei Herstellung prismatischer Werkstücke wird zunächst an einer der beiden Längskanten ab (Figur 69) der oberen Fläche ein vorher mit Lineal und Buntstift angerissener, etwa 3 *cm* breiter Saum, sogenannter „Schlag," meistens 3 *cm* jedoch zum mindesten so tief hergestellt, daß die größten Vertiefungen der Fläche noch um ein Geringes über der Ebene

des Schlages liegen, und so bearbeitet, daß der schmale Saum als eine Ebene gelten kann, daß also ein darauf gestelltes Richtscheit auf ganzer Länge des Steines genau auf den Schlag paßt.

Hierauf wird an den beiden Ecken der gegenüberliegenden Längskante derselben Fläche (c d) ein zweiter Saum in gleicher Breite und so begonnen, daß derselbe mit dem ersten Schlage genau in derselben Ebene liegt, daß also beim Visiren mit Hilfe zweier Richtscheite von gleicher Höhe sich die Unterkante

Fig. 70.



des dem Auge entfernter liegenden Lineales mit der Oberkante des näher liegenden in gleicher Ebene befindet. (Fig. 70).

Die Schläge an den beiden Schmalseiten der oberen Begrenzungsfläche werden hierauf in gleicher Weise hergestellt; sie müssen mit den Schlägen an den Längsseiten genau in gleicher Ebene liegen. Hierauf wird der Stein umgekantet und die neue Fläche in gleicher Weise bearbeitet, wobei zu beachten ist, daß der neue Schlag mit dem der ersten Fläche genau einen *rechten Winkel* bilden muß, der mit Hilfe des *Winkeleisens bestimmt* wird. Alsdann wird die dritte Fläche

zur ersten und zweiten rechtwinkelig abgeebnet und von der durch die drei bearbeiteten Flächen gebildeten körperlichen Ecke aus Länge, Breite und Höhe des Werkstückes abgetragen und endlich die Bearbeitung der übrigen Steinflächen vorgenommen.

Bei harten und mittelharten Steinen benutzt man zur Herstellung der Schläge ein etwa 25 *cm* langes, 2 bis 3 *cm* dickes Schlageisen, dessen Schneide meistens nicht länger genommen wird als die Dicke des gewöhnlich abgefaßt quadratischen Stieles und einen Zuschärfungswinkel

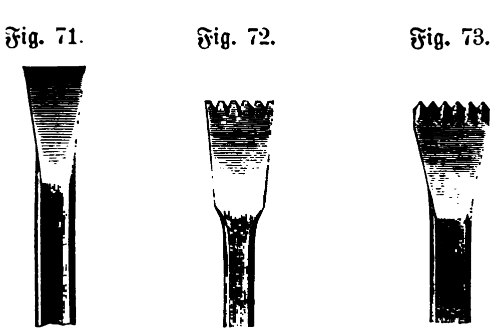


Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73.

von 30 bis 45° erhält. Bei weichen Gesteinen verwendet man besser ein Schlageisen, dessen Schneide die anderthalbe bis doppelte Stieldicke zur Länge besitzt und einen Winkel von 10 bis 20° bildet (Fig. 71), oder einen Zahnmeißel (Fig. 72 und 73). (Man wird zur möglichsten Vermeidung eines Abspringens und Stumpfwerdens bei härteren Steinen Werkzeuge mit größerem, bei weicheren solche mit kleinerem Schneidenwinkel verwenden müssen).

Das Eisen wird mit der linken Hand je nach der Härte Sprödigkeit des zu bearbeitenden Steines mehr oder r schief, und um Kantenabsprengungen so viel wie möglich

zu verhüten, etwas nach der Flächenmitte zu und dicht an diejenige Stelle angesetzt, an welcher die Spur des letzten Schlages abgebrochen erscheint, und bei härteren Steinen mittelst des eisernen Handfäustels, bei weicheren mittelst des hölzernen Schlägels, welche mit der rechten Hand in Richtung des Eisens geführt werden, getrieben. Besitzt der Stein eine größere Härte, so muß das Eisen locker gehalten und nach jedem Schlage dem Rückstoße desselben nachgegeben werden, anderenfalls wird ein Prellen und ein leichtes Ermüden der Hand nicht ausbleiben.

Da die scharf bearbeiteten Kanten, deren Herstellung viele Sorgfalt und Mühe erfordert, beim Versetzen der Bausteine meistens sehr mitgenommen werden, so möchte es empfehlenswerth sein, sie etwas abzustumpfen, so daß der Stein von einer scharfkantigen Fugenfläche begrenzt erscheint.

---

§ 37. Herstellung gespitzter, gekrönelter, gestockter, scharrirter, gezähnelter und glatter Steinflächen.

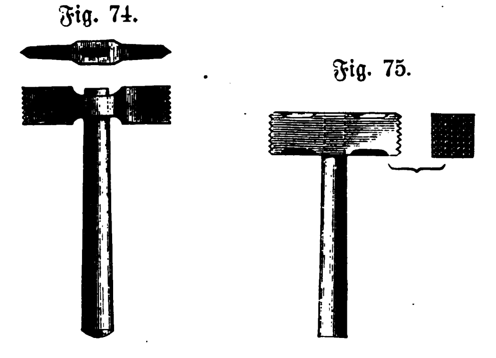
A. Durch Handarbeit.

Den innerhalb der Schläge liegenden, rauh bossirten Theil der Steinfläche, welcher Posten (Bosten) genannt wird, bearbeitet man zuweilen nicht weiter und besonders dann nicht, wenn aus diesen Werkstücken das Sockelmauerwerk monumentaler Bauten hergestellt und dem Schwertragenden, Massigen Ausdruck verliehen werden soll. Solches Quadermauerwerk wird nach dem opus rusticum der alten Römer Rustica genannt.

Meistens jedoch wird der Posten nicht stehen gelassen, sondern bei den härteren Steinen mit dem Spitzeisen und Bossirhammer, bei den weicheren mit dem Zwei-

spitz zunächst im Gröbsten abgearbeitet, so daß die Ste
fläche noch recht uneben verbleibt. Solche Flächen nennt m
„gespitzte".

Genügt diese Bearbeitung für die beabsichtigte V
wendung noch nicht, soll der Stein eine glattere Oberflä
erhalten, so wird das Werkstück bei größerer Härte m
dem in Figur 74, dargestellten Zahnhammer (Kröne
hammer) bearbeitet, welcher eine breite, mit dem Stiel parall
laufende, mit Zähnen besetzte Schneide besitzt, deren Zu
schärfungswinkel je nach der Gesteinshärte größer od


Fig. 74. Fig. 75.

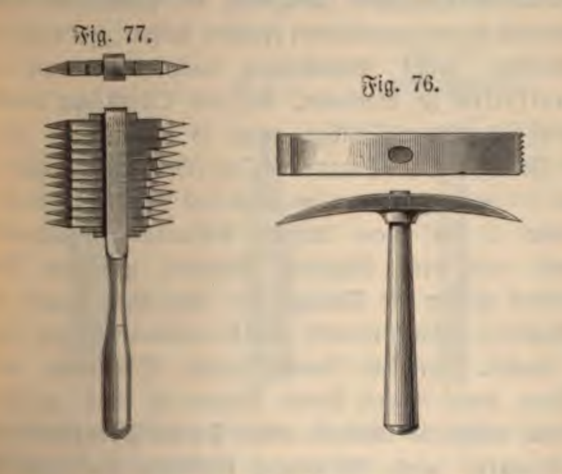
kleiner sein muß. Vollendet wird die Bearbeitung mit de
Stockhammer (Kraushammer, Figur 75), einem an eine
30 bis 35 *cm* langen Holzstiel sitzenden Werkzeuge, dess
viereckige, flache Bahn von etwa 5 *cm* Seite mit stumpf
pyramidenförmigen, eingefeilten oder eingehauenen, bei d
gröberen Nummern dieses Werkzeuges weiter von einan
entfernten, bei den feineren näher aneinander liegenden Spitz
reihenweise (4 bis 8 in einer Reihe) besetzt ist. Der Sto
hammer erzeugt, indem man ihn möglichst senkrecht gegen
Steinfläche führt und zuerst die gröberen, später die feine
Nummern benutzt, eine mehr oder minder feinkörnige D

fläche. Die mit diesem Werkzeuge bearbeiteten Flächen heißen „gestockte." (Es sei hier erwähnt, daß durch die Bearbeitung mit dem Stockhammer bei einigen Gesteinen das Gefüge ihrer Oberfläche so gelockert wird, daß bei starkem Frostwetter sich ganz dünne Schichten von ihr ablösen.)

Statt des Stockhammers wird auch zum Glattarbeiten der Steinflächen die Picke (Päcke, Pickhammer, Bille, Figur 76.) verwendet, welche senkrecht gegen den Stiel ge-

Fig. 77.

Fig. 76.



stellte, zuweilen gezahnte Schneiden besitzt; sie wird so geführt, daß diese Schneiden möglichst in voller Länge und in senkrechter Richtung den Stein treffen. Die Picke dient beispielsweise auch zum Schärfen der Mühlsteine.

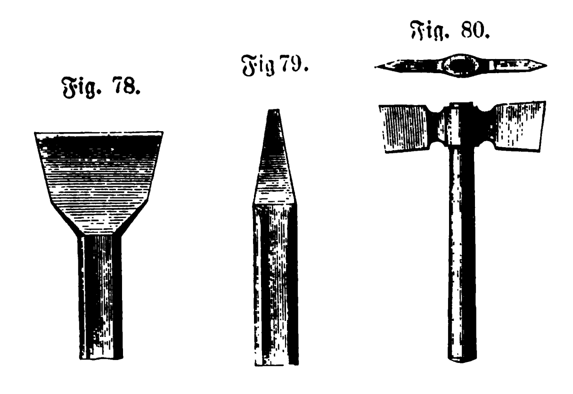
Die weitere Bearbeitung der weichen Steine erfolgt mit dem schief von oben gegen die Steinfläche zu führenden Kröneleisen (Krönel, Grönel, Einsatzkrönel, Gründel, Figur 77.). *Das Kröneleisen* besitzt einen circa 40 cm langen, *am oberen Theile* vierkantig, am unteren rund gestalteten,

eisernen Stiel. In dem in seinem oberen, 3 *cm* breiten Theile hergestellten, schmalen aber ziemlich langen Längenschlitz sind leicht auszuwechselnde, auf beiden Seiten pyramidenförmig zugespitzte, vierkantige, die Breite des Schlitzes besitzende Stahlmeißel (circa 12 Stück) mittelst kleiner Beilagen und Stahlkeile so festgeklemmt, daß die Spitzen auf einer Seite in einer graden, je nach der Arbeitshöhe des Steinmetzes mehr oder weniger gegen den Stiel geneigten Linie liegen, damit alle Meißelspitzen gleichzeitig die Steinfläche treffen. Die mit dem Krönel bearbeiteten Flächen heißen „gekrönelte."

Werden solche Steinflächen noch weiter mit dem Scharrireisen so bearbeitet, daß die Oberfläche parallele Streifen, sogenannte Schläge, zeigt, so erhält man „scharrirte" Flächen. Das Scharrireisen (Breiteisen, Figur 78.) ist etwa 25 *cm* lang, oben 3 *cm* breit und 2 *cm* dick, und unten zu einer 7 bis 9 *cm* breiten Schneide ausgeschmiedet; es wird mit dem hölzernen Schlägel getrieben. Beim Scharriren müssen die Schläge der senkrechten Haupt- und Stoßflächen so geführt werden, daß sie rechtwinkelig zur Lagerfläche laufen. Eine sehr saubere, glatte Oberfläche, erhält der Stein, wenn er nach seinem Scharriren rauh geschliffen und dann nochmals scharrirt wird. Dieses Feinscharriren (Aufschlagen) wird bei weichen Gesteinen am besten mit dem Breiteisen, bei sehr festen am zweckmäßigsten mit dem Halbeisen bewirkt. Das Halbeisen (Beizeisen, Figur 79.) hat je nach der Gesteinsart eine 0·5 bis 2 *cm* breite und einen Zuschärfungswinkel von 7 bis 13° besitzende Schneide. Derartig bearbeitete Flächen die von geschickten Steinmetzen mit wirkungsvollen Mustern leicht ausgestattet werden können, nennt man „feinscharrirte."

Zur Herstellung glatter Flächen — zum sogenannten „*Flächen*" — wird auch statt des Stockhammers und Krönels

nentlich in Schweden und Norwegen) der Flachhammer, „Fläche," benutzt. Die Fläche (Figur 80.) ist ein sym- isch gestalteter, 25 bis 30 *cm* langer, mit einem 40 bis *m* langen Holzstiel versehener, beilartig geformter Hammer, n parallel zum Stiel laufende Schneiden etwas gegen Stiel geneigt sind und eine von der Gesteinshärte ab- ige Breite besitzen (weiche Gesteine werden mit breiteren neiden bearbeitet als harte). Zum Glattarbeiten härterer eine werden oft die Schneiden dieses Flachhammers mit


Fig. 78. Fig 79. Fig. 80.

:zförmigen Zähnen versehen, so daß die Fläche auch als hammer Verwendung finden kann.

Durch Beseitigung der Unebenheiten bossirter Steine sehr er Festigkeit mittelst eines Zahnmeißels (Zahneisens), er bei größerer Härte des Gesteins scharfkantige, dreieck- ige (Figur 72.) und bei geringerer Härte abgeflachte trapez- ige Zähne (Figur 73.) erhält und mit dem eisernen Hand- el getrieben wird, erzielt man, wenn das Abarbeiten der : in schmale, parallellaufende Streifen erfolgt, „ge- elte" Flächen. Wohl zu beachten ist, daß weiche *wenig haltbare Gesteine* (z. B. Sandsteine) nicht

mit schweren und großen Handwerkzeugen (z. B. mi
dem Stockhammer) bearbeitet werden dürfen, wei
dadurch ihre Haltbarkeit erheblich vermindert werde
kann. Dieser Umstand wird in der Steinhauerei häufig nich
genug berücksichtigt.

Besondere Schwierigkeiten erwachsen dem Steinmetz,
wenn der Stein verschiedene Dichtigkeit, Härte und Sprödig-
keit besitzt, also von Nestern, Adern u. s. w. durchsetzt ist.
Solchen Steinen wird man nur selten eine vollkommen ebene,
„reine" Oberfläche geben können.

Besondere Sorgfalt beansprucht die Herstellung der Lager-
flächen; sie müssen vollkommen eben bearbeitet werden, dami
die Steine genau aufeinander passen. Diese Lagerfläche be-
zeichnet der Steinmetz meistens mit einem liegenden Kreuz (X)
den Rücken mit einem Kreis (◯).

Recht erleichtert wird die Arbeit, wenn die Steine noch
bruchfeucht auf den Werkplatz gelangen. In diesem Zustand
lassen sich sogar feste und harte Steine wie z. B. Grani
meist ohne große Mühe mit der Hand bearbeiten. Solch
Gesteine werden daher nicht selten schon auf den Steinbrüchen
gestockt u. s. w. Mit Abnahme der Bruchfeuchtigkeit wächs
die Härte des Steines und damit auch die Schwierigkei
seiner Bearbeitung.

Schließlich sei noch hervorgehoben, daß die Handarbe
bei allen Gesteinen nicht zu umgehen und dieser Betrieb de
verbreitetste ist.

B. Durch Maschinenarbeit.

In den beiden letzten Jahrzehnten sind von den Ma-
schinenbauern große Anstrengungen gemacht worden, u
hbare und leistungsfähige Steinbearbeitungsm
n zu schaffen. Die Schwierigkeiten, welche sich bei d

Bearbeitung der natürlichen Gesteine durch Maschinen ein-
tellen, sind besonders groß bei sehr harten und spröden
Gesteinen, sowie bei solchen, welche ungleichmäßig harte und
erschiedenartig spröde Partien besitzen. In einzelnen Fällen
innen die Hindernisse so bedeutend werden, daß eine maschi-
elle Bearbeitung der Steine ein Ding der Unmöglichkeit ist.
bwohl die Leistungsfähigkeit der neueren Steinbearbeitungs-
aschinen im Allgemeinen nicht unbedeutend ist, so haben
eselben — wenn man von den Schleif- und Polirmaschinen,
n Steinsägen und Drehbänken hier ganz absieht — doch
sher keine größere Verbreitung gefunden, und zwar haupt-
chlich aus folgenden Gründen. Die Steinbearbeitungs-
aschinen können mit Vortheil fast ausschließlich nur bei
raden oder runden Flächen verwendet werden, eignen sich
eistens nur zur Bearbeitung weniger gleichartiger Steine
d sind für solche von anderer Beschaffenheit entweder nicht
stungsfähig genug oder überhaupt nicht brauchbar. Fast
e Steinbearbeitungsmaschinen leiden an dem Uebelstande,
ß sich ihre Werkzeuge (Meißel, Messer u. s. w.) meistens
r schnell abnutzen und daher viele Reparaturen und häufige
rneuerungen erfordern. Manchmal stellt sich die maschinelle
earbeitung infolge der hohen Anschaffungs-, Betriebs- und
nterhaltungskosten der zum Theil recht complicirten Ma-
inen trotz größerer Leistungsfähigkeit theurer als die Be-
beitung von Hand. Endlich ist auch die Maschinenarbeit
t weniger sauber als die von der Hand eines geschickten
teinmetzes erzeugte.

Aus diesen Gründen sind einige große Steingeschäfte,
chdem sie jahrelang mit großen Opfern an Geld und Zeit
e verschiedensten Maschinen probirt haben, wenig befriedigt
n den erzielten Resultaten wieder zur Handarbeit zurück-
kehrt, während andere an den im Handel käuflichen Ma-

schinen die verschiedensten Verbesserungen vorgenommen od
sich eigene Maschinen gebaut und fortwährend verbess
haben, deren Construction sie aus Geschäftsrücksichten ve
heimlichen.

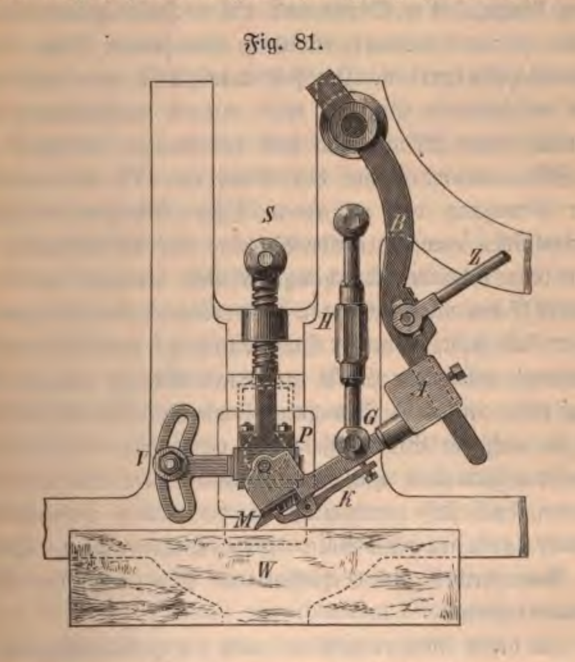
Dem Verfasser sind mehrere Maschinenfabriken bekan
welche den Bau von Steinbearbeitungsmaschinen als wen
lohnend wieder aufgegeben haben.

Zur Herstellung von ebenen, aber auch gekrümmten un
gebrochenen Flächen, von Profilirungen, Gesimsgliederung
u. s. w. dienen die Steinhobelmaschinen, bei denen en
weder — ähnlich der Handarbeit — die Bearbeitung d
Steine durch Werkzeuge, welche durch schiefen Stoß auf d
Arbeitsflächen wirken, erfolgt oder durch langsam, beziehung
weise schnell rotirende Spitz- oder Flachmeißel u. s. w. od
durch abscheerend wirkende Schneidewerkzeuge.

Zum ersten System gehört die Steinbearbeitung
maschine von Robert Girwood, die fast ausschließlich zu
Herstellung ebener Flächen dient. Die eisernen Meißel
(Figur 81), zu je 4 in Doppelgehängen G durch die Klemm
vorrichtung K gehalten, werden durch die auf den Armen
befestigten Schlägel A getrieben, welche entweder durch Heb
baumen oder durch kleine Dampfkolben mit Hilfe der klein
Zugstangen Z in Bewegung gesetzt werden. Diese Meiß
können durch die Schraube S und die Schraubhülsen H i
die der betreffenden Gesteinsart erfahrungsmäßig günstig
Neigung gebracht werden, und man kann durch die Ste
vorrichtung V den Aufhängungspunkt P so drehen und fe
stellen, daß die kurze Meißelbahn der Geraden nach Möglic
keit nahekommt. Die Vorwärtsbewegung des auf eine
Schlitten befestigten Werkstückes W erfolgt durch eine hydra
lische Presse, die durch eine, mittelst eines verstellbaren Exce
ters betriebene, Pumpe bewegt wird.

Die Steinbearbeitungsmaschine von Holmes in Moldt (England) bildet eine Nachahmung des durch die Hände des Steinmetzes mit Hilfe von Meißel und Schlägel bewirkten Spitzens und Flächens und eignet sich nicht nur zur Herstellung ebener, sondern auch hohler und gewölbter Flächen, von Thür- und

Fig. 81.



Fenstergewänden, Gesimsen u. s. w. Sie besteht im Wesentlichen aus 2, bei der Vorarbeit mit schmalen, bei dem Fertighauen mit breiten Meißeln besetzten, gewöhnlich 1·0 *m* langen Messerköpfen, welche in zwei Armen gelagert sind und über den zu bearbeitenden, bis 3·3 *m* langen und bis 1·0 *m* breiten Stein abwechselnd von einem Ende bis zum anderen oder von rechts nach links geführt werden. Man vermag mit

dieser Maschine je nach der Gesteinsart täglich 18 bis 28 *m* Steinfläche zu bearbeiten.*)

Die Steinhobelmaschinen mit schwingendem Stahl von Emil Offenbacher in Markt-Redwitz (Bayern), welche den Eisenhobelmaschinen ähneln und für Steinblöcke bis zu 3·5 *m* Länge, 1·4 *m* Breite und 1·2 *m* Höhe gebaut werden, besitzen ein oder mehrere, in einem beweglichen Support eingespannte Spitzeisen. Der sich automatisch von rechts nach links verschiebende Support wird mittelst Excenterwelle circa 800mal in der Minute hin und her bewegt; es schlägt also der Stahl ebenso oft auf den Stein ein. Da bei continuirlicher Bewegung des auf einem Tisch (Schlitten) befestigten Arbeitsstückes eine schleifende Wirkung auf die Spitzeisen und damit eine schnelle Abnutzung derselben eintreten würde, so wird der Stein nur ruckweise vorwärtsgeschoben und zwar so, daß er still steht, wenn der Stahl einschlägt, und sich erst weiter fortbewegt, wenn der Stahl zu neuem Schlage aushebt. Die Länge dieser ruckweisen Bewegung, sowie Support und Schlitten sind je nach der Blockgröße leicht verstellbar. Auf Wunsch liefert der Fabrikant auch Hobelmaschinen, die mit schnell rotirenden und sich gleichzeitig in der Achse verschiebende Schleif- (Gußeisen-) und Polir- (Filz-) Walzen oder mit Schlei und Polirscheiben zum Schleifen und Poliren glatter Stü combinirt sind.

Zu dieser Gruppe gehören auch die Hobelmaschinen v Andrew, Atchinson, James Fogg, Henry Newto Lloyd u. A.

Bei der Lloyd'schen Steinbearbeitungsmaschine, welc zum Zuhauen, Sägen, Abmeißeln, Bohren und Glätten d

*) Eine ausführliche Beschreibung dieser Maschine nebst Il strationen findet man im Maschinenbauer 1869, S. 146.

Steine u. s. w. benutzt werden kann, wird der Werkzeughalter mit Hilfe eines mit ihm durch Riemen oder Kette verbundenen Balanciers auf- und niederbewegt. Die Kette hat je nach Erforderniß eine größere oder kleinere Länge und sie ist an dem Balancier mittelst eines Ringes befestigt, welcher durch eine Schraube näher an den Drehpunkt des Balanciers herangerückt oder weiter von demselben entfernt werden kann, wodurch sich die Fallhöhe des Werkzeughalters nach Belieben reguliren läßt.*)

Schließlich sei noch erwähnt, daß sich auch die durch Stoß wirkende Gesteinsbohrmaschine von Schramm-Mahler zur Herstellung ebener Flächen eignet.

Zu den Maschinen des **zweiten** Systems, bei welchem die Bearbeitung der Steinflächen durch rotirende Meißel erfolgt, gehört die von R. G. Anderson in Quincy (Illinois) gebaute Steinbearbeitungsmaschine, Mastodon stone-dresser genannt, die sich besonders zum Ebnen von Marmor-, Kalk- und Sandsteinblöcken eignet, aber auch für andere Gesteinsarten brauchbar ist. Diese, ähnlich wie eine Eisenhobelmaschine construirte Maschine**) besitzt zwei bis zu 1·8 *m* lange Walzen (Vorder- oder Schroppwalze und Hinter- oder Schlichtwalze), die mit knieförmig gebogenen, aus Stahl oder Hartguß gefertigten, bei der Bearbeitung von Granit und sehr hartem Mühlstein-Quarzit mit schwarzen Diamanten armirten Meißeln, spiralförmig und so besetzt sind, daß bei einer Schnitttiefe von nicht mehr als 10 *cm* immer nur vier Meißel auf jeder Walze zu gleicher Zeit die Steinfläche bearbeiten. Die Meisel auf der Schroppwalze Spitzeisen, auf der Schlichtwalze mit breiten und graden Schneiden versehene Flachmeißel.

*) Maschinenbauer 1870. S. 385.

**) Scientific *American* 1871, S. 223, und Maschinenbauer 1872, S. 20 und 21.

Letzere stellen Furchen her, die sich etwas überdecken, so daß eine vollkommen glatte Schnittfläche erzielt wird.

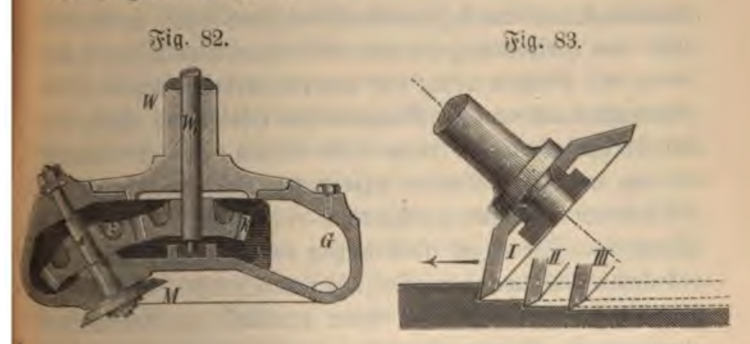
Es wird versichert, daß diese Maschine vorzügliche Arbei liefert. Bei der Bearbeitung von Granit und ähnlichen harten und festen Gesteinen rotiren die mit Diamantspitzen armirten Meißel sehr schnell und sollen eine 7 bis 8 *cm* starke Schicht des Steinblockes auf einmal in der Form von feinstem Pulver fortnehmen. Sind weiche Steine zu bearbeiten, so läßt man die Meißel langsamer rotiren.

Brunton uud Trier in London haben sich mehrere, zum Theil zu dieser, zum Theil zur nächstfolgenden Gruppe gehörenden Steinbearbeitungs-Maschinen patentiren lassen, die auch auf dem Continente von mehreren Maschinenfabriken gebaut werden. Diese Maschinen sind so eingerichtet, daß die Messerscheiben eine eigene, ihrem Abrollen auf der Steinfläche genau entsprechende Umfangsgeschwindigkeit erhalten und jeder Stoß vermieden wird. Das Wesentlichste aller dieser Maschinen ist der in Figur 82 dargestellte Messerkopf. Drei bis vier, einen Satz bildende für die Bearbeitung von Granit und sehr harten Kalksteine aus Stahl, für die weicherer Gesteinsarten aus Hartgu gefertigte, schrägstehende Messerscheiben M von etwa 20 *cm* Durchmesser sind mit ihren Spindeln s in einem, mit eine Hohlwelle W verschraubten Gehäuse G eingelagert und erhalten die entsprechende Umfangsgeschwindigkeit durch an jeder Messerspindel sitzende Zahnräder Z, die durch den Konus auf der Welle W_1 getrieben werden. Der Messerkopf mach pro Minute 300 bis 350 Umdrehungen; seine Bewegung wird durch eine über ihm liegende Dreicylindermaschin bewirkt.

Die Messer, deren Schnittkreis 63 *cm* beträgt, mache demnach 900 bis 1050 Touren, erhalten also eine durch

schnittliche Umfangsgeschwindigkeit von 63 *m*. Während einer Tausendstel-Secunde ist etwa 1 *cm* des Messerumfanges mit der Steinoberfläche in Berührung; in dieser Zeit wird das zu bearbeitende Werkstück um durchschnittlich 0·001 *cm* vorgeschoben. Demnach ist ein Erhitzen der Messer nicht zu befürchten. Die Scheibe I (Figur 83) ist zur Beseitigung der rauhen Bosse bestimmt; die Messerscheiben II und III, welche zur Erzeugung einer glatten und ebenen Steinfläche dienen, liegen tiefer als I und nicht in gleicher Ebene, vielmehr ist III tiefer angeordnet als II.

Fig. 82. Fig. 83.



Maschinen dieses Systems werden als leistungsfähig gerühmt und haben unseres Wissens auch eine größere Verbreitung gefunden. Man behauptet, daß eine solche Steinbearbeitungsmaschine in Dreiviertelstunden fast das Dreifache von dem zu leisten vermag, was ein geübter Steinmetz in einem Tage fertigstellen kann, denn es sollen durch sie in der Minute 0·14 m^2 Granit oder 0·18 m^2 härtesten Sandsteines bearbeitet werden können.

Der Vorschub des Arbeitsstückes beträgt pro Minute 0·6 (Granit) bis 1·8 (Sandstein), im Durchschnitt 1·0 m. *Zur Bedienung* der Maschine genügt (abgesehen von den zur

Letzere stellen Furchen her, die sich etwas überdecken, so daß eine vollkommen glatte Schnittfläche erzielt wird.

Es wird versichert, daß diese Maschine vorzügliche Arbeit liefert. Bei der Bearbeitung von Granit und ähnlichen harten und festen Gesteinen rotiren die mit Diamantspitzen armirten Meißel sehr schnell und sollen eine 7 bis 8 *cm* starke Schicht des Steinblockes auf einmal in der Form von feinstem Pulver fortnehmen. Sind weiche Steine zu bearbeiten, so läßt man die Meißel langsamer rotiren.

Brunton und Trier in London haben sich mehrere, zum Theil zu dieser, zum Theil zur nächstfolgenden Gruppe gehörenden Steinbearbeitungs-Maschinen patentiren lassen, die auch auf dem Continente von mehreren Maschinenfabriken gebaut werden. Diese Maschinen sind so eingerichtet, daß die Messerscheiben eine eigene, ihrem Abrollen auf der Steinfläche genau entsprechende Umfangsgeschwindigkeit erhalten und jeder Stoß vermieden wird. Das Wesentlichste aller dieser Maschinen ist der in Figur 82 dargestellte Messerkopf. Drei bis vier, einen Satz bildende, für die Bearbeitung von Granit und sehr harten Kalksteinen aus Stahl, für die weicherer Gesteinsarten aus Hartguß gefertigte, schrägstehende Messerscheiben M von etwa 20 *cm* Durchmesser sind mit ihren Spindeln s in einem, mit einer Hohlwelle W verschraubten Gehäuse G eingelagert und erhalten die entsprechende Umfangsgeschwindigkeit durch auf jeder Messerspindel sitzende Zahnräder Z, die durch den Konus k auf der Welle W_1 getrieben werden. Der Messerkopf macht pro Minute 300 bis 350 Umdrehungen; seine Bewegung wird durch eine über ihm liegende Dreicylindermaschine bewirkt.

Die Messer, deren Schnittkreis 63 *cm* beträgt, machen demnach 900 bis 1050 Touren, erhalten also eine durch-

bearbeitungs-Maschinen. Der die Meißel tragende Hammer befindet sich auf seinem Sitze, wenn der Meißel mit dem Stein in Berührung kommt, aber läßt denselben sogleich nach dem Schlage frei, damit das Werkzeug über die Steinfläche gehen kann. Die Zahl der Schläge erhält man durch Multiplication der Tourenzahl der Welle mit der Zahl der Hämmer.

Das Arbeitsstück wird nicht ununterbrochen, sondern je nach der Gesteinsbeschaffenheit in längeren oder kürzeren Pausen vorgeschoben, und zwar so, daß der Meißel ein- bis sechsmal über die Steinfläche gehen kann, ehe sich der Stein weiter fortbewegt. Die Stach'sche Maschine kann so eingerichtet werden, daß sie gleichzeitig eine Bearbeitung der Seiten und Ecken eines Steinblockes vornimmt.*)

Von den Steinbearbeitungs-Maschinen des **dritten** Systems, bei denen die Bearbeitung der Steinoberflächen durch schabende Werkzeuge erfolgt, haben wir in der oben besprochenen Maschine von Brunton und Trier bereits eine Vertreterin. Zu ihnen gehört auch die von Holmes und Payton erfundene und von Johnson und Ellington in Chester gebaute Maschine, welche sich nicht nur zur Herstellung grader und ebener Flächen, sondern auch zur Ausarbeitung von Gesimsen eignet. Ein senkrecht bewegbarer, massiver Gußeisenblock trägt die schnell rotirende Treib- und Messerwelle. Letztere ist für die Vorarbeit mit einzelnen, in zwei Reihen stehenden Meißeln so besetzt, daß die Meißel der zweiten Reihe gerade hinter den Zwischenräumen der Meißel der ersten stehen und somit alle Stellen der Steinfläche von den Werkzeugen getroffen werden. Die Messer für die Feinarbeit bestehen aus geraden Platten, deren Länge gleich der Steinbreite ist. Um eine hin- und hergehende Bewegung,

---

*) *Engineer 1874 und Maschinenbauer* 1874, S. 195 und 196.

Herbeischaffung und Aufspannung der Werkstücke erforderlichen Arbeitern) ein Mann.*)

Aehnlich sind die Messerscheiben der Steinbearbeitungs-Maschinen von M. C. Donald und von Keller und Watzstein construirt, jedoch erhalten dieselben keine eigene Umfangsgeschwindigkeit.

Zu den Maschinen der zweiten Gruppe gehören auch die von Ransome in London, von Holmes in Moldt, von G. Stacy in New-York u. A.

Die Stacy'sche Maschine, welche von Hoë und Comp. gebaut wird, wird durch Zahnräder bewegt und besteht im Wesentlichen aus horizontal gelagerten, rotirenden Wellen, die spiralförmig mit Meißeln besetzt sind und pro Minute etwa 175 Umdrehungen machen. Das Rauharbeiten erfolgt mit Spitzeisen, das Fertigmachen mit circa 3 *cm* breiten, an der Schneide 0·3 *cm*, am oberen Ende 4·5 *cm* dicken Stahlmeißeln. Beide Meißelarten kommen gleichzeitig — hintereinander — in Thätigkeit. Sie sitzen in Schlitzen von Hammerköpfen und sind leicht auszuwechseln. Sie schärfen sich selbst, können aber auch, wenn erforderlich, auf einer parallel zur Arbeitswelle angebrachten Schmirgelscheibe nachgeschliffen werden. Die Meißel sind so angeordnet, daß einer nach dem anderen auf den Stein wirkt; dadurch wird an Betriebskraft sehr gespart. Die Werkzeuge können 100 bis 200 *m* in der Länge arbeiten, ehe ihre Erneuerung nöthig wird; sie wirken durch scharfes Schlagen und sofortiges Weitergehen über die Arbeitsfläche, wobei sie sich augenblicklich senkrecht auf dieselbe stellen. Hiernach ist die Stacy'sche Maschine eine Combination des ersten und zweiten Systems der Stein-

---

*) Ausführlicheres über diese Maschine findet man in Haarmann's Zeitschrift für Bauhandwerker 1878, S. 129 bis 132.

earbeitungs-Maschinen. Der die Meißel tragende Hammer efindet sich auf seinem Sitze, wenn der Meißel mit dem Stein in Berührung kommt, aber läßt denselben sogleich nach em Schlage frei, damit das Werkzeug über die Steinfläche ehen kann. Die Zahl der Schläge erhält man durch Multi-lication der Tourenzahl der Welle mit der Zahl der Hämmer.

Das Arbeitsstück wird nicht ununterbrochen, sondern je ach der Gesteinsbeschaffenheit in längeren oder kürzeren Pausen vorgeschoben, und zwar so, daß der Meißel ein- bis sechs-nal über die Steinfläche gehen kann, ehe sich der Stein weiter ortbewegt. Die Stacy'sche Maschine kann so eingerichtet werden, aß sie gleichzeitig eine Bearbeitung der Seiten und Ecken ines Steinblockes vornimmt.*)

Von den Steinbearbeitungs-Maschinen des **dritten** Sy-tems, bei denen die Bearbeitung der Steinoberflächen durch chabende Werkzeuge erfolgt, haben wir in der oben be-prochenen Maschine von Brunton und Trier bereits eine Vertreterin. Zu ihnen gehört auch die von Holmes und Payton erfundene und von Johnson und Ellington in Chester gebaute Maschine, welche sich nicht nur zur Herstellung rader und ebener Flächen, sondern auch zur Ausarbeitung on Gesimsen eignet. Ein senkrecht bewegbarer, massiver Gußeisenblock trägt die schnell rotirende Treib- und Messer-welle. Letztere ist für die Vorarbeit mit einzelnen, in zwei Reihen stehenden Meißeln so besetzt, daß die Meißel der weiten Reihe gerade hinter den Zwischenräumen der Meißel er ersten stehen und somit alle Stellen der Steinfläche von en Werkzeugen getroffen werden. Die Messer für die Fein-rbeit bestehen aus geraden Platten, deren Länge gleich der Steinbreite ist. Um eine hin- und hergehende Bewegung,

*) Engineer 1874 und Maschinenbauer 1874, S. 195 und 196.

von Schleifmaschinen — die Schleifscheibe oder= Walze von den anhaftenden Körnchen des alten Schleifmittels zu reinigen oder das Feinschleifen auf einer anderen Maschine fortzusetzen.

Zum **Schleifen** von Steinen benutzt man vorzugsweise Schmirgel, gewisse Sand= und Schiefersteine, auch Bimsstein, granulirte Gußstahlmasse, Granatpulver, Quarzsand.

Der Schmirgel, welcher besonders bei sehr harten Steinen und namentlich auch beim Nachschleifen zur Anwendung kommt, ist eine sehr häufig mit Magneteisenstein gemengte Varietät des Korund.

Er ist derb, körnig, sehr hart (Härte = 9) und schwer (specifisches Gewicht = 3·9 bis 4·0), von graubrauner oder bläulicher Farbe und kommt auf Lagern von Kalksteinen vor: im sächsischen Erzgebirge, am Ochsenkopf bei Schwarzenberg in Sachsen, auf einigen Inseln des Aegäischen Meeres — namentlich auf Naxos, in Kleinasien und in Nordamerika.

Der Schmirgel wird meistens als Pulver zum Schleifen verwendet und durch belastete Blei=Platten u. s. w. kräftig gegen den Stein angedrückt.

Das Zerkleinern der Schmirgelsteine erfolgt zunächst in Steinbrechmaschinen, hierauf in Stampfwerken oder durch Walzwerke, endlich auf Kollergängen. Das Schmirgelpulver wird alsdann mit Wasser oder nach dem Hawkin'schen Verfahren mit Oel geschlämmt und mittelst Sieben sortirt. Die Zahl der Feinheitsnummern ist gewöhnlich 6 bis 10; einzelne Fabrikanten führen jedoch Pulver bis zu 20 Abstufungen.

Häufig werden Pulver anderer Abstammung als Schmirgel verkauft. So z. B. ist der „bayerische" Schmirgel *ein Gemenge* von Almandin (Granat) und Quarzpulver

der „deutsche" Schmirgel gemahlener Thoneisenstein. Oft ist
uch das Schmirgelpulver mit gemahlenen Eisenschlacken,
uarzigen und thonigen Eisensteinen, Eisenoxyden u. s. w.
efälscht, wodurch es eine rothe Farbe erhält, doch kann auch
iese von der Oxydation des im echten, sogenannten „blauen"
chmirgel vorhandenen Eisenbestandtheiles herrühren.

Zu Schleifsteinen sind diejenigen Sandsteine die ge-
gnetsten, welche ein feines, gleichmäßiges, scharfkantiges Korn
nd ein nicht zu hartes Bindemittel besitzen. Denn Sandsteine
it hartem Bindemittel bleiben nicht rauh, sie schleifen sich
att ab und werden leicht unwirksam, während Sandsteine
it weicherem Bindemittel besser angreifen, weil ihre harten
uarzkörner besser zur Wirkung kommen.

Einen recht brauchbaren Schleifstein liefert der Dyassand-
:in mit kieseligem Bindemittel, welcher im Regierungs-
ezirk Cassel bei Kornberg und Welda gefunden wird, ferner
r Buntsandstein, der in der bayerischen Pfalz bei Buben-
usen, Frankenweiler, Neustadt a. d. Hardt, in Unter- und
berfranken, im Kreise Cassel, Hersfeld, Schmalkalden, Hün-
d, Gelnhausen, in Hessen-Darmstadt, Sachsen- Meiningen,
der Provinz Hannover im Solling u. s. w. vorkommt,
dann der Keupersandstein mit kieseligem Bindemittel
n Pliningen in Württemberg, Veitlahm in Oberfranken,
ahnbach in der Oberpfalz und Schweißenreuth bei Erbendorf,
ndlich der sehr feinkörnige Nummulitensandstein.
uch Thonsandsteine können als Schleifsteine verwendet
erden, wenn man sie mit Wasserglaslösung tränkt. Sehr
schätzt sind die aus den Vogesen stammenden, feinkörnigen,
olett-röthlichen Schleifsteine.

Statt der Schleifsteine benutzt man auch in manchen
Steingeschäften Schiefersteine von sehr feinem Korn
. B. *Kieselschiefer*.

von Schleifmaschinen — die Schleifscheibe oder- Walze von den anhaftenden Körnchen des alten Schleifmittels zu reinigen oder das Feinschleifen auf einer anderen Maschine fortzusetzen.

Zum **Schleifen** von Steinen benutzt man vorzugsweise Schmirgel, gewisse Sand- und Schiefersteine, auch Bimsstein, granulirte Gußstahlmasse, Granatpulver, Quarzsand.

Der Schmirgel, welcher besonders bei sehr harten Steinen und namentlich auch beim Nachschleifen zur Anwendung kommt, ist eine sehr häufig mit Magneteisenstein gemengte Varietät des Korund.

Er ist derb, körnig, sehr hart (Härte = 9) und schwer (specifisches Gewicht = 3·9 bis 4·0), von graubrauner oder bläulicher Farbe und kommt auf Lagern von Kalksteinen vor: im sächsischen Erzgebirge, am Ochsenkopf bei Schwarzenberg in Sachsen, auf einigen Inseln des Aegäischen Meeres — namentlich auf Naxos, in Kleinasien und in Nordamerika.

Der Schmirgel wird meistens als Pulver zum Schleifen verwendet und durch belastete Blei-Platten u. s. w. kräftig gegen den Stein angedrückt.

Das Zerkleinern der Schmirgelsteine erfolgt zunächst in Steinbrechmaschinen, hierauf in Stampfwerken oder durch Walzwerke, endlich auf Kollergängen. Das Schmirgelpulver wird alsdann mit Wasser oder nach dem Hawkin'schen Verfahren mit Oel geschlämmt und mittelst Sieben sortirt. Die Zahl der Feinheitsnummern ist gewöhnlich 6 bis 10; einzelne Fabrikanten führen jedoch Pulver bis zu 20 Abstufungen.

Häufig werden Pulver anderer Abstammung als Schmirgel verkauft. So z. B. ist der „bayerische" Schmirgel ein Gemenge von Almandin (Granat) und Quarzpulver

Zur Verhütung des ungesunden Schleifstaubes bei der Verwendung von Quarzsand, zur möglichst gleichmäßigen Vertheilung der Quarzkörnchen, zur Aufnahme des Schleifmehles und zur leichteren Entfernung des „todten“ Sandes wird beim Schleifen reichlich Wasser zugeführt.

Das Naßschleifen wird jedoch auch bei der Verwendung von Schleifsteinen und anderen Schleifmitteln fast immer bevorzugt. Statt Wasser wird beim Schleifen einiger Gesteine (z. B. Quarz, Anhydrit) auch Oel zugeführt.

Das Schleifen geschieht bei kleineren Werkstücken und in kleineren Steinmetzgeschäften meistens von Hand und gewöhnlich mit kleineren Schleifsteinen. Zum Schleifen größerer Steinflächen oder bei Verwendung von Quarzsand oder Schleifpulvern wird man jedoch vortheilhafter Schleifmaschinen anwenden. Diese Schleifmaschinen bestehen im Wesentlichen aus schnell rotirenden, horizontalen oder verticalen Schleifscheiben, welche für härtere Gesteine aus weichem Stahl oder Gußeisen, für weichere auch wohl aus Kupfer oder Blei hergestellt werden und das Schleifmittel unter regulirbarem Wasserzufluß über die Steinfläche hin- und herführen, wobei sie sich kreis- oder ellipsenförmig, auch wohl kreuzförmig bewegen. Statt der Schleifscheiben benutzt man auch einfache Klötze, welche durch Stangen und Charniere mit einer Excenterwelle lose verbunden sind oder metallene Walzen.

Beim Schleifen mit Schleifpulvern wird das Arbeitsstück entweder festgelegt beziehungsweise nur langsam hin- und herbewegt und die mit Schleifpulver bekleidete Schleifscheibe sehr schnell gedreht, oder es wird der Steinblock in Umdrehung versetzt und das Schleifmittel mittelst besonderer Andrückvorrichtung oder mit der Hand gegen denselben gepreßt. Das erstere Verfahren ist das gewöhnlichere.

Frischgebrochene Steine zum Schleifen zu verwenden, erscheint nicht rathsam; solche Steine nutzen sich circa viermal schneller ab und sind infolge ihrer geringen Festigkeit unwirksamer als solche, die zuvor etwa ein Jahr lang an luftigen Orten gut getrocknet wurden.

Bimsstein verwendet man häufig zum Nachschleifen der Steine, um sie möglichst eben und porenlos zu machen, und zwar in Form von Pulver. Das Bimssteinpulver muß sehr fein und zart sein, damit durch seine außerordentlich scharfkantigen Theilchen nicht tiefere Risse auf der Steinoberfläche erzeugt werden.

Statt mit Schmirgelpulver wird zuweilen auch mit zerstampftem gemeinen Granat geschliffen, welcher jedoch infolge seiner geringeren Härte (= 6·5 bis 7·5) nicht so wirksam wie Schmirgel ist. Ein Schleifpulver aus gepochten Bruchstücken von echtem Porzellan soll — wie versichert wird — Schmirgelpulver niederer Güte an Wirksamkeit übertreffen*).

Versuchsweise ist auch hier und da als Schleifpulver granulirter Gußstahl verwendet worden.

Sehr häufig wird mit Quarzsand geschliffen. Derselbe soll rein gewaschen, gesiebt, scharfkantig und möglichst gleichmäßig gekörnt sein. Geschätzt ist der Quarzsand von Bürgstein, Lindenau und Welmitz in Böhmen und von Kamenz in Sachsen. Dieses Schleifmittel, welches bei härteren Steinen ein feineres, bei weicheren ein gröberes Korn besitzen soll, wird unter einem nicht zu großen Druck über die Steinfläche hin- und hergeführt, damit die Sandkörnchen nicht selbst zerstört werden, sondern dieselben größtentheils durch ihre Abnutzung an der Schleiffläche des Steines „todt" werden.

---

*) „Eisenzeitung" 1889.

Zur Verhütung des ungesunden Schleifstaubes bei der Verwendung von Quarzsand, zur möglichst gleichmäßigen Vertheilung der Quarzkörnchen, zur Aufnahme des Schleifmehles und zur leichteren Entfernung des „todten“ Sandes wird beim Schleifen reichlich Wasser zugeführt.

Das Naßschleifen wird jedoch auch bei der Verwendung von Schleifsteinen und anderen Schleifmitteln fast immer bevorzugt. Statt Wasser wird beim Schleifen einiger Gesteine (z. B. Quarz, Anhydrit) auch Oel zugeführt.

Das Schleifen geschieht bei kleineren Werkstücken und in kleineren Steinmetzgeschäften meistens von Hand und gewöhnlich mit kleineren Schleifsteinen. Zum Schleifen größerer Steinflächen oder bei Verwendung von Quarzsand oder Schleifpulvern wird man jedoch vortheilhafter Schleifmaschinen anwenden. Diese Schleifmaschinen bestehen im Wesentlichen aus schnell rotirenden, horizontalen oder verticalen Schleifscheiben, welche für härtere Gesteine aus weichem Stahl oder Gußeisen, für weichere auch wohl aus Kupfer oder Blei hergestellt werden und das Schleifmittel unter regulirbarem Wasserzufluß über die Steinfläche hin- und herführen, wobei sie sich kreis- oder ellipsenförmig, auch wohl kreuzförmig bewegen. Statt der Schleifscheiben benutzt man auch einfache Klötze, welche durch Stangen und Charniere mit einer Excenterwelle lose verbunden sind oder metallene Walzen.

Beim Schleifen mit Schleifpulvern wird das Arbeitsstück entweder festgelegt beziehungsweise nur langsam hin- und herbewegt und die mit Schleifpulver bekleidete Schleifscheibe sehr schnell gedreht, oder es wird der Steinblock in Umdrehung versetzt und das Schleifmittel mittelst besonderer Andrückvorrichtung oder mit der Hand gegen denselben gepreßt. Das [erstere] Verfahren ist das gewöhnlichere.

Recht empfehlenswerthe Schleifmaschinen liefert Emil Offenbacher in Markt-Redwitz (Bayern). Da dieselben eine größere Verbreitung gefunden haben, so wollen wir einige dieser Maschinen, wenn auch in aller Kürze, hier beschreiben.

Zum Abschleifen der gestockten Blöcke zu Sockeln, für Obelisken u. s. w. dient die Abrichtmaschine mit horizontaler Scheibe, welche aus einer kräftigen, auswechselbaren, auf einer Königswelle befestigten und durch dieselbe, sowie durch konische Räder und ein Vorgelege in Umdrehung versetzte Gußeisenscheibe von 3·5 *m* Durchmesser besteht, auf welche der zu schleifende Steinblock gelegt wird, so daß er sich infolge des durch sein Eigengewicht bewirkten Druckes abschleift. Der Block wird zur Erzielung einer guten Arbeit und einer gleichmäßigen Abnutzung der Schleifscheibe langsam hin- und herbewegt und dabei zeitweilig in der der Scheibenumdrehung entgegengesetzten Richtung nach vorn gezogen.

Die von demselben Fabrikanten gebaute Abrichtmaschine mit vertical rotirender, in einem kräftigen Spindelstock gelagerter Gußeisenscheibe von 1·5 *m* Durchmesser eignet sich zum Abrichten der Standflächen und Köpfe an Treppenstufen, Sockeln, Obelisken, Grabkreuzen u. s. w. Bei dieser Maschine wird der Steinblock auf einem Wagen, dessen Hin- und Hergang je nach der Blockgröße leicht verstellbar ist, automatisch an der sich selbstthätig an ihn anpressenden Schleifscheibe hin- und herbewegt.

Neben diesen großen Abrichtmaschinen baut Emil Offenbacher auch kleine für Fuß- oder Motorbetrieb eingerichtete Schleifapparate mit horizontalen oder verticalen gußeisernen Schleifscheiben, die sich vorzugsweise zum Schleifen von Musterstücken, Kanten und Ecken an Kreuzen u. s. w. eignen und auch nach Einsetzen von Filzscheiben zum Poliren benutzt werden können.

Die Kanten- und Plattenschleifmaschinen dieser Fabrik finden zur Bearbeitung der Kanten und Flächen von Cement-, Mosaik-, Terrazzo-, Marmorplättchen ausgedehnte Verwendung. Eine gußeiserne Schleifscheibe wird in entgegengesetzte Umdrehung zu der mit einem Kreuze für vier Plattenhalter ausgestatteten Hauptwelle versetzt, infolge dessen sich die Plättchen noch um die Achsen der Mitnehmer drehen. In den Haltern ist eine größere Zahl von Platten so befestigt, daß letztere leicht umgewendet und alle vier Kanten genau rechtwinklig ohne Zeitverlust abgeschliffen werden können. Sollen die Flächen der Plättchen geschliffen werden, so sind letztere in entsprechender Weise einzeln in die Halter einzulegen. Es kann aber auch die ganze Schleifscheibe mit Plättchen belegt werden; in diesem Falle werden dieselben durch einen Deckel mittelst der vier Mitnehmerwellen gleichzeitig an die Schleifscheibe angedrückt und geschliffen. (Siehe auch die Polirmaschinen.)

Zu den ältesten Schleifmaschinen gehören die sogenannten Zug-Schleifmaschinen, die den Vorzug besitzen, daß ein Arbeiter mehrere Schleifkörper bedienen kann, aber auch den Nachtheil, daß ihre Leistungsfähigkeit gegenüber den rotirenden Schleifmaschinen eine geringe ist. Die in Fig. 84 (S. 200 u. 201) dargestellte rotirende Zug-Schleifmaschine von Offenbacher zeigt eine Combination beider Systeme, welche an Leistungsfähigkeit die einfachen Zug-Schleifmaschinen übertrifft. Diese Maschine eignet sich z. B. zum Schleifen von Obelisken und gestattet bei Verwendung des automatisch hin- und herbewegten Tisches die Bearbeitung von Platten in jeder Größe. Im Wesentlichen besteht diese Schleifmaschine aus einer rotirenden Welle W, an welcher mittelst besonderer Supporte und konischer Räder eine größere Anzahl *(in* der Figur vier) Schleif-, beziehungsweise *Polirkörper A befestigt* ist. Die Welle besitzt an ihrem

einen Ende einen sehr sinnreich erdachten, dem Fab
patentirten Verschiebungsmechanismus, welcher a
Schnecke S mit dem Schneckenrade S_1 besteht. Letzter
einem Hängearm H befestigt und trägt einen excer
Bolzen, der in einem Schlitz des Supports geführ
Durch die Rotation der Welle W werden Schne
Schneckenrad in Umdrehung versetzt und es wird mitt
excentrischen Bolzens, welcher die Bewegung im S
mitmachen muß, die Welle mit den rotirenden
und Polirkörpern hin- und hergezogen. Um eine
Führung des Supports und Schleifkörpers zu erzie
an der Maschine eine Führungsstange W_1 angebrac
Schleifkörper sind leicht auszuwechseln und auch beli
der Welle W verschiebbar. Der nicht zu unterschätzende
dieser Schleifmaschine liegt darin, daß ein Ma
rotirende Schleifkörper bequem beaufsichtigen kann.

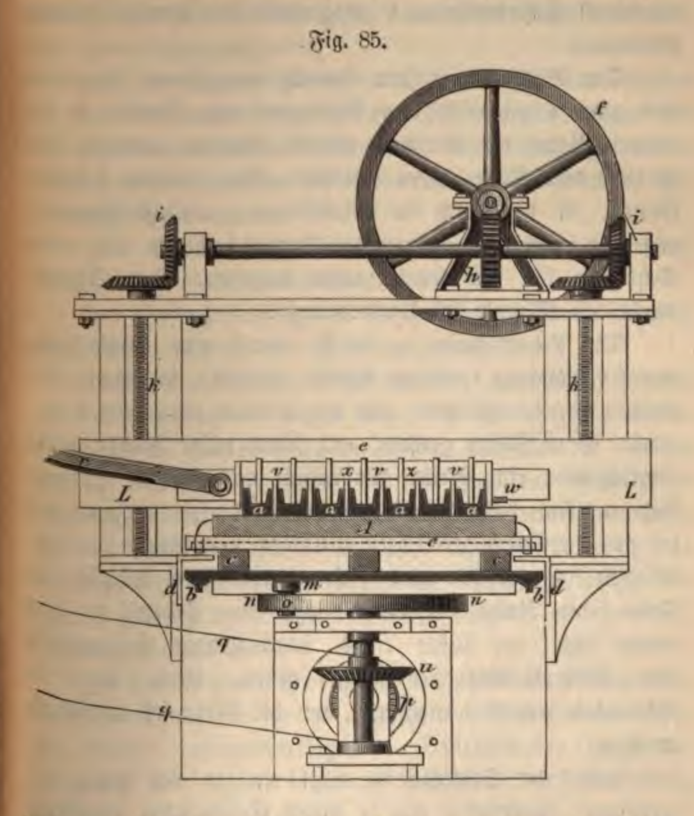
Die Schleifmaschine von Michael Hirschl
Landsberg a. L. (Bayern) vermag nach den Versich
des Erfinders einen Stein von beliebiger Form und
(nicht nur Platten, sondern auch Prismen, Pyramiden
vollkommen glatt und eben, auch schmale (3 *cm* brei
lange Kanten ganz eben und winkelrecht zu schleifen
zehnmal kürzerer Zeit, als dies durch Handarbeit
kann. Das Untergestell dieser Steinschleifmaschine*) (F
trägt eine aus mehreren gehobelten Stücken zusamme
der ganzen Fläche nach, um Staub, Sand u. s. w.
zuhalten, durch ein Winkeleisen d verdeckte Schlitten
auf welcher sich zwei gleiche Schlitten c befinden.
ordnung von zwei Schlitten ermöglicht es, auf de
einen Steinblock zur Bearbeitung vorzubereiten, wäh

---

*) Auszug aus der Patentschrift des D. R. P. Nr. 9

andere mit dem durch vier Stifte und zwei Keile auf ihm befestigten Arbeitsstück A sich unter der Schleifscheibe e befindet. Soll der Stein während des Ganges der Maschine

Fig. 85.



besehen werden, so genügt eine Drehung an dem, durch eine endlose Schraube und Zahnräder h bewegten und die Bewegung auf die Winkelräder i übertragenden Schwungrade f, durch welche die Quertheile L vermittelst der Schrauben k

und mit ihnen die Schleifscheibe gehoben werden. Sobald di geschehen, wird der Schlitten von der mit mehreren Ein schnitten versehenen (normal zum Querschnitt der Maschin liegenden) Schieberstange m losgemacht und eventuell heraus genommen.

Der Schlitten ist zur Erleichterung seines Gewichte und zum Durchlassen von Schlamm und Wasser in de unteren Raum der Maschine mit Ausschnitten versehen. U ihn mit dem Stein einen beliebigen Weg machen lassen z können, ist die durch die Winkelräder p mittelst Riemen und Stufenscheiben getriebene Kurbelscheibe n mit eine Schlitze o für den Kurbelzapfen versehen. Der Schlitte macht pro Minute 60 Umdrehungen.

Die Schleifscheibe e, welche durch eine Kurbelschei und Kurbelstange r, deren Kurbel ebenfalls im Schlitz ve stellbar ist, bewegt wird und pro Minute etwa 100 Toure macht, ist in Fächer getheilt, und jedes dieser Fächer enthä eingeschraubt eine Reihe quadratisch ausgehöhlter Hartgu klötze a. Um das Ausweichen der Klötze zu verhüten u die aus Zinkblech gefertigten Beilagen v aufsitzen zu lasse befinden sich zwischen jeder dieser Reihen zwei Eisenschiene Ueber jeder Reihe der Klötze liegt eine Schiene x, du welche über der Mitte eines jeden Klotzes Schrauben zum Niederdrücken der Klötze gehen. Diese, sowie Schrauben wwerden angezogen, um die Klötze fest zusamme zuhalten.

Ueber der Schleifscheibe liegt ein (in der Figur fo gelassener) Sandkasten mit so vielen Einschnitten am Bod als Zwischenräume in der Schleifscheibe sind, um aus d selben den Schleifsand senkrecht einfallen zu lassen. Da der Quarzsand nicht in die Schrauben der Schleifscheibe langen kann, sind die Klötze mit blechernen Bögen überde

Sollen sehr schmale Kanten an Steinen geschliffen werden, so läßt man die Scheibe entweder ganz stehen oder bewegt sie nur langsam, dagegen den Stein mit dem Schlitten schneller, wodurch eine ziehende Bewegung eintritt, der Schleifsand aber nicht heruntergezogen wird.

Für sehr schwere Steine in Marmorwerkstätten werden die Schlitten durch Leitspindel oder Zahnstangen bewegt. Ist ein Schlitten in solchen Fällen nicht ausreichend, so können beide mit einander zur Erleichterung des Aufspannens zusammengekuppelt werden.

Zum Betriebe dieser Maschine genügt eine zweipferdige Dampf- oder Gaskraftmaschine.

Der Wasserzufluß erfolgt durch Gummischläuche zugleich an mehreren Stellen und ist leicht zu reguliren.

Diese Steinschleifmaschine gewährt gegenüber anderen den Vortheil, daß alle durch längere Arbeit entstehenden Unebenheiten der Schleifscheibe auf einfache Weise wieder beseitigt werden, daß ohne Abstellen der Maschine das Arbeitsstück eingesetzt, besichtigt und wieder herausgenommen werden kann, daß die Bewegung der Schleifscheibe kreuzförmig erfolgt, so daß also nicht wie bei der drehenden Bewegung infolge der Centrifulgalkraft der Schleifsand fortgeschleudert oder in einer Richtung gezogen wird. —

In der Marmor-Mosaikwaaren-Fabrik von Neumüller in Nußdorf werden die zu schleifenden Mosaikplatten über eine Reihe aufeinanderfolgender Schleifscheiben durch ein horizontal über letztere laufendes Paternosterwerk selbstthätig geführt.

Es mag hier nicht unerwähnt bleiben, daß Wilkinson zum Schleifen und Abputzen von glatten Facaden-Verkleidungen einen einfachen, transportalen Apparat, Vertical stone rubber genannt, construirt hat, der aus einem zweitheiligen, oben

mit Wasser zum Abwaschen des Schleifschlammes, unten m[it] Sand gefüllten Kasten besteht, welcher an der Seite der abzuschleifenden Mauerfläche offen ist, damit der Schleifsand auf die Steine wirken kann. Der Kasten hängt an einem Seile, das über eine im Scheitel eines Dreifußes angebrachte Rolle läuft, und ist durch ein am anderen Ende dieses Seiles hängendes Gegengewicht ausbalancirt. Der Boden der oberen Abtheilung des Kastens ist durchlöchert, so daß Wasser in beliebiger Menge in die untere Abtheilung fließen kann. Der Kasten kann pendelartig hin- und herbewegt werden und in beliebiger Höhe arbeiten. Um den Schleifsand möglichst auszunutzen, muß der Kasten gleichmäßig auf die Wandfläche drücken.*)

Sobald die Steinfläche durch das Schleifen eine solche Ebenheit erlangt hat, daß man mit der Hand größere Rauhigkeiten nicht mehr fühlt, wird der Stein sorgfältig von allem Schleifschlamm gereinigt und hierauf in den meisten Fällen mit glühenden Holzkohlen erwärmt und mit einer in die Poren eindringenden Masse überpinselt oder in dieselbe eingetaucht, um die Steinoberfläche möglichst porenlos und glatt zu machen. Dieses Mittel wird besonders bei porösen Sand- und Kalksteinen und bei Tuffgesteinen angewendet. Zu Sand- und Tuffsteinen empfiehlt Ransome concentrirtes Kaliwasserglas und darauf Chlorcalcium; zu Kalksteinen wird empfohlen, zuerst schwefelsaure Thonerde, dann Oxalsäure und endlich Barytwasser aufzutragen; Dent und Brown verwenden Alaun und darauf eine Kleesalzlösung; Hauenschild empfiehlt Zinkvitriol und Chlorbaryum, Filsinger Barytwasser und Borsäure u. s. w. Meistens jedoch wird ein Gemenge von Colophonium oder Stearin und Terpentin verwendet.

*) Builder, 1878, S. 29.

„Daß durch diese Mittel eine unnatürliche Glätte entsteht, deren Dauer nicht groß sein kann, ist einleuchtend“, schreibt Hauenschild*), „indessen schützen auch solche Ueberzüge einige Zeit wenigstens vor Staub und Flechtenansiedelung ... Alle diese Mittel haben eine Gefahr in sich: durch die große Dichte der äußeren Kruste gegenüber dem weichen Inneren wird ein Spannungszustand bei Temperatur-Extremen geschaffen, der zur Abblätterung führen kann. Dies ist am gefährlichsten bei den härtesten Kitten, wenn sie bei widerstandsfähigen Steinen angewendet werden, daher auch die wiederholten Klagen über die zerstörende Wirkung von Wasserglas-Anstrichen sich erklären lassen.“ (Vgl. auch § 51, Conservirung.)

Nach dem Schleifen, beziehungsweise dem Glätten und Ausfüllen der Poren wird der Stein nicht selten noch mit Bimsstein nachgeschliffen und hierauf, wenn erwünscht und möglich, polirt.

Das **Poliren** ist nichts anderes als ein Feinschleifen, sogenanntes Glanzschleifen, durch welches die Steinfläche einen so hohen Grad von Ebenheit und Glätte erhält, daß sie glänzend, spiegelnd wird.

Weiche Gesteine (wie z. B. weicher Marmor) sollten nur polirt werden, wenn sie im Inneren der Gebäude Verwendung finden, denn ihre Politur vermag den Einflüssen der Witterung nicht dauernd zu widerstehen. Die Politur sehr harter Steine ist ziemlich wetterfest.

Beim Poliren beginnt man in der Regel mit härteren Polirmitteln und führt dieselben langsam und mit geringem Druck über die Steinflächen hin; bei fortgesetztem Poliren wendet man dann stufenweise weichere Polirmittel an, mit welchen man schnell und mit starkem Druck das Arbeitsstück reibt.

---

*) Handbuch der Architektur, Band I, 1883. S. 94.

Je stärker der Druck des Ballens u. s. w.

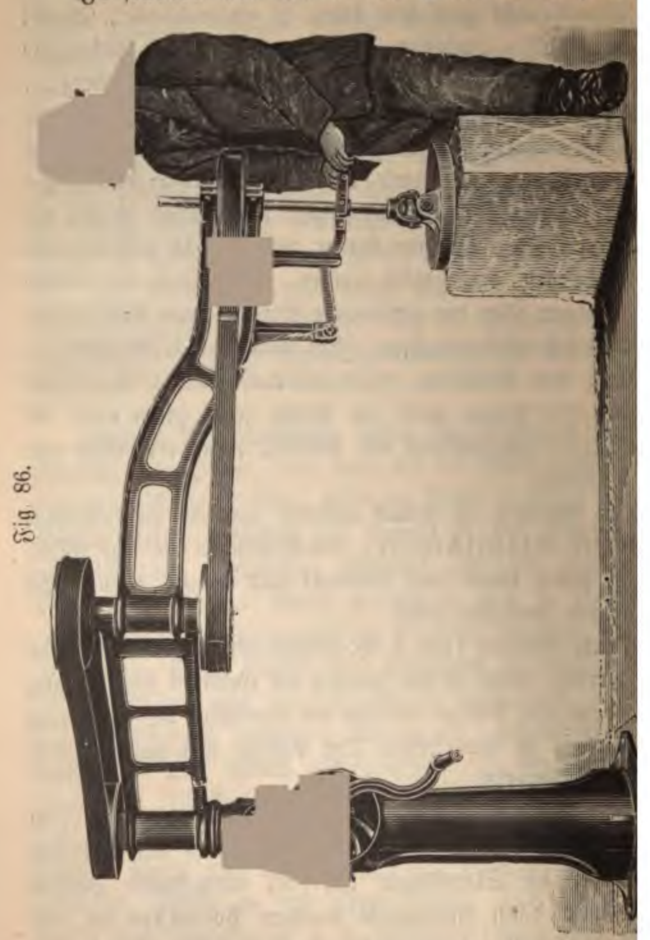


Fig. 86.

die Fläche, desto größer die Reibung und um so
und dauerhafter die Politur.

Auch die Polirmittel sollen eine größere oder wenigstens keine geringere Härte besitzen als das zu polirende Gestein. Ist das Polirmittel weicher, so kann es nicht zum Abschleifen der Steine, sondern nur zum Ausfüllen ihrer Poren benutzt werden und muß dann spiegelnden Glanz besitzen.

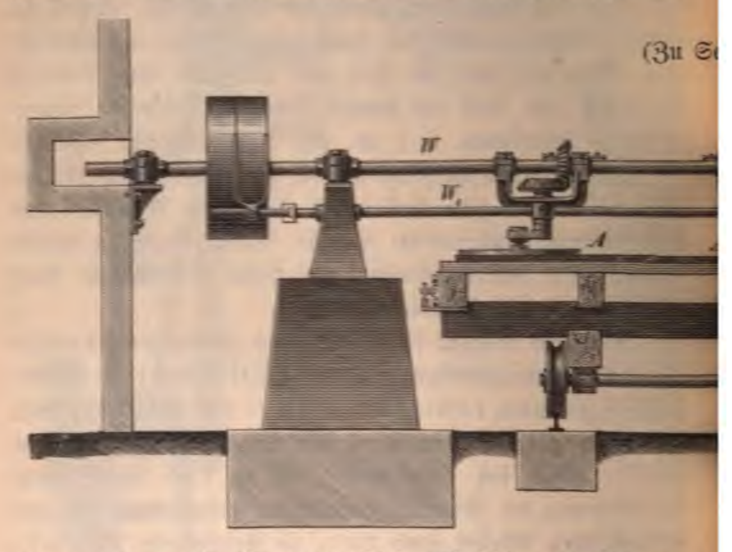
Das Poliren wird gewöhnlich in der Weise ausgeführt, daß man das Polirmittel zuerst naß (mit Wasser, auch Oel), später meistens trocken mit Holzscheiben, welche mit Walroß- oder Rehleder oder mit Filz oder mit einer Lage Schellack überzogen sind, oder mit Flanell, Barchent, Leinwand, Lindenbastholz, Bleiplatten u. s. w. auf die Steinfläche aufträgt.

Das Poliren geschieht mit der Hand oder durch Maschinen, deren mit dem Polirmittel bestrichene Scheiben oder ballenförmige Instrumente in sehr schnelle Rotation versetzt werden. Die Polirmaschinen zeigen daher eine ähnliche Construction wie die Schleifmaschinen.

Mit dem in Figur 86 in circa einem Zwanzigstel der natürlichen Größe dargestellten, von Emil Offenbacher in Markt-Redwitz gebauten, rotirenden Schleif- und Polirapparat mit beweglicher Führung für Motor- und Handbetrieb*) lassen sich Steinflächen bis zu $2\,m^2$ Größe ohne Veränderung der Steinlage bearbeiten, wobei nach den uns vorliegenden Attesten etwa 25 % an Arbeitslohn und 30 % an Schleifmaterial erspart werden können. Man vermag mit dieser Maschine ein Werkstück in einem Viertel der Arbeitszeit, welche die Handarbeit braucht, fein zu schleifen und gut zu poliren, und es ist z. B. möglich, in 4 bis 5 Tagen einem Quadratmeter gut gestockten harten Syenites Politurglanz zu verleihen. Selbstverständlich ist die Leistungsfähigkeit dieses Apparates

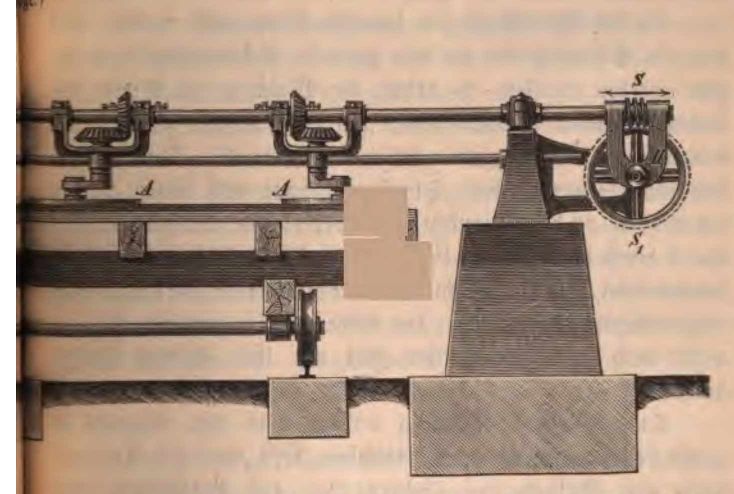
*) Uhland's Technische Rundschau, 1888, S. 69.

abhängig von der Gesteinshärte und um so größer, je weicher der Stein ist. Die Offenbacher'sche Maschine, welche den Vorzug besitzt, daß stets ein Steinblock zur Bearbeitung vorbereitet werden kann, während zu gleicher Zeit ein anderer unter dem Schleif- und Polirkörper ist, und daß ersterer dann ohne Zeitverlust in Angriff genommen werden kann, sobald die Arbeit an dem letzteren vollendet ist, besteht aus



einer gußeisernen Hohlsäule, die bei den Maschinen für Motor- oder Göpelbetrieb mit Antriebsscheiben und bei den Apparaten für Handbetrieb mit einem kräftigen Schwungrade und Kurbel, ferner mit zwei Kegelrädern und am oberen Ende mit einem mit Charniergelenk versehenen Arm ausgestattet ist, dessen Ende den Schleif- respective Polirkörper trägt. Durch Umdrehung der in der Hohlsäule sitzenden Welle wird die auf ihr befestigte Riemenscheibe und durch Treibriemen und drei

andere Riemenscheiben auch die Spindel der Polirscheibe in schnelle ununterbrochene, von der Lage des frei beweglichen und gelenkartig drehbaren Armes völlig unabhängige Rotation gebracht, so daß der Schleif- respective Polirkörper mit dem mit zwei Handgriffen ausgestatteten Hebel nach allen Richtungen, geradlinig und im Bogen, unbeschadet seiner eigenen Drehung, durch den Arbeiter geführt werden kann. Die den



Schleifkörper an einem Universalgelenk tragende, senkrechte Welle ist in ihren Lagern vertical frei beweglich; es kann somit der Schleifkörper sich jeder Steinhöhe leicht anpassen, auch läßt sich mittelst des Hebels je nach Erforderniß ein größerer oder geringerer Druck auf den Stein ausüben.

Diese Maschine eignet sich nicht nur zur Bearbeitung der *Flächen gerader oder* profilirter Steine, sondern auch zu

der von Fasen und schrägen Köpfen, ohne daß eine Veränderung der Steinlage erforderlich ist.

Häufig und mit Vortheil wird bei ihr auch der von Offenbacher erfundene und ihm gesetzlich geschützte, aus einer gußeisernen, durchbrochenen, in ihrer ganzen Stärke mit geschweiften Canälen versehenen Scheibe bestehende Vorreißer angewendet, durch welchen das Schleifmaterial, besonders beim Rauhschleifen, zur besten Verwendnng gebracht und das Verstreuen fast ganz vermieden wird.

Da die Polirscheibe die doppelte Tourenzahl machen soll wie die Schleifscheibe, da also zweierlei Geschwindigkeiten erzielt werden müssen, so erhält die Maschine an Stelle der beiden einfachen Riemenscheiben auf dem inneren Stücke des beweglichen Armes zwei doppelte, zweierlei Durchmesser besitzende Stufenscheiben. Die Fabrik baut auch diesen Apparat mit vier, an der rotirenden Hauptwelle, welche ebenfalls mittelst Hebel durch den Arbeiter leicht in der Verticalrichtung verstellt werden kann, befestigten Schleif- oder Polirkörpern, die sich infolge entsprechender Anordnung der Räder außer um die Hauptwelle auch noch zu gleicher Zeit um ihre eigenen Achsen drehen.

Durch diese Einrichtung erreicht man eine dreimal so große Leistungsfähigkeit der Maschine. Will man den Apparat auch zum Bohren von Löchern oder zur Herstellung von Musterabschnitten benutzen, so wird an die Spindel ein Bohrkopf befestigt oder eine vertical rotirende Schleifscheibe angebracht.

Schließlich mag noch erwähnt sein, daß Offenbacher auch Platten-Schleif- und -Polirmaschinen mit zwei bis vier Schleif- beziehungsweise Polirscheiben von 36 *cm* Durchmesser baut, welche für Steine bis zu 3 *m* Länge und 1 *m* Breite verwendbar sind, ferner auch geradlinig geführte Zu

chleif- und Polirmaschinen, Rundschleifapparate für Granit-, Marmor-, Glas- u. s. w. Platten, Platten-Schleif- und Polir-Apparate mit einer einzigen Schleif- oder Polirscheibe für kleinere Betriebe u. s. w.

Werden verschiedene Mittel beim Poliren einer und derselben Steinfläche angewendet, so müssen die Scheiben u. s. w. von dem früheren Polirmittel sorgfältig gereinigt werden oder man muß für jedes Mittel eine besondere Polirscheibe nehmen.

Zum Poliren benutzt man hauptsächlich Pulver und zwar entweder äußerst feine mit harten, runden und wenig rauhen Körnchen oder weniger feine, aber mit weichen und scharfkantigen Theilchen. Sehr häufig verwendet man geschlämmtes Schmirgelpulver mit einer Korngröße bis herunter zu $^1/_{1000}$ *mm* Durchmesser, auch geglühtes, geschlämmtes und sehr fein gemahlenes Eisenoxyd, Zinnoxyd, feingeschlämmte Zinnasche, sehr feines Bleipulver, fein gepulverten und gesiebten Marmor, Alabaster, Kalk, Talk (Speckstein), Kohle von Hollunder-, Linden-, Ulmen-, und Weidenholz, Bimssteinstaub, feingepulverte Kreide, Perlmutterpulver, ferner hier und da Korkkohle, Schwefelblume u. s. w.

Ein recht geschätztes Polirmittel ist auch der größtentheils aus Kieselpanzern abgestorbener Infusorien mit etwas Thon und Eisenoxyd bestehende, leicht zerreibliche, gelblichgraue oder gelbe, auch rothe Tripel (Polirschiefer) von Kutschlin bei Bilin und Leitmeritz in Böhmen, von Planitz und Warnsdorf bei Zittau in Sachsen, vom Habichtswalde bei Cassel, von Tripolis u. s. w., welcher so fein pulverisirt wird, daß das Pulver auf einer glänzend polirten Metallfläche keinerlei Risse oder Vertiefungen hervorruft.

Zum Schluß bringen wir noch einige bewährte Recepte für das Schleifen und Poliren einiger der wichtigsten in der Natur vorkommenden Steine.*)

1. Marmor. Die gröberen Flächen werden zunächst mit dem Scheuereisen mit Sand und Wasser bearbeitet, darauf mit Gothlandsandstein, dann mit Bimsstein fein geschliffen und endlich mit einem feuchten, zuerst mit Bleipulver und Schmirgel, hernach mit Zinnasche betupften Leinwandlappen stark gerieben.

Das Nachschleifen geschieht bei weichem oder mäßig hartem Marmor auch mit feingeschlämmtem Schmirgel und Wasser. Der Schmirgel wird auf ein mit Filz überzogenes Brettchen gestrichen und mit ihm der Stein so lange gerieben, bis alle Spuren des Feinschliffes beseitigt sind. Hierauf wird der Marmor mit feingeschlämmter, auf einen frischen Filz gebrachter Zinnasche anfangs mit Hilfe von Wasser, alsdann trocken polirt oder auch mit feingepulvertem und gesiebtem Marmor oder mit Bimssteinstaub gerieben und mit äußerst feinem Zinnoxyd nachpolirt. Zum Poliren von Marmor benutzt man auch mit Vortheil zuerst reines Tripelpulver, welches man mit einem weichen Lederlappen aufreibt, und hierauf ein Pulver von vier Theilen Tripel und einem Theil Kupfervitriol, das auf ein mit Schellack überzogenes Stück Lindenholz gestreut und dann mit einigen Tropfen Weinessig benetzt wird.

Sehr weicher Marmor kann auch mit Schwefelblume polirt werden.

---

*) Nach Mittheilungen einer renommirten Berliner Werkstatt für Bau und Monumental-Arbeiten in Marmor, Granit und Syenit und mit Benutzung verschiedener Werke z. B. von G. K. Strott's Baumaterialien (Halle a. S. 1883).

2. Sandstein. Man schleift ihn trocken oder naß mit härterem oder gleich hartem Sandstein; politurfähig ist der Sandstein bekanntlich nicht.

3. Granit und Syenit. Die gestockten Flächen werden zunächst mit dem Scheuereisen und Stahlspänen behandelt, darauf mit immer feiner werdendem Schmirgel bis zur Beseitigung aller Unebenheiten geschliffen und dann polirt. Das Poliren geschieht durch starkes Reiben der Steinflächen mit einem mit Zinnasche, bei rothem Granit auch noch mit Polirroth (caput mortuum) bestrichenen feuchten Leinwandballen.

Beim Beginn des Polirens muß die Fläche möglichst naß, hernach jedoch, um einen tiefen Glanz zu erzeugen, möglichst trocken gehalten werden. Ein Mann braucht zum Poliren eines Quadratmeters circa zwei Wochen, die Maschine dagegen nur 4 bis 5 Tage.

Das Poliren des Granites macht insofern große Schwierigkeiten, als die Feldspathbestandtheile erst rauh geschliffen erscheinen, wenn der Quarz bereits Politurglanz zeigt und der Glimmer schon ausgerieben oder wenigstens schon blind geworden ist. Um dem Granit eine schöne Politur zu verschaffen, werden nach dem Poliren die Glimmervertiefungen durch Abreiben des Steines mit Speckstein oder venetianischem Talk ausgefüllt; hierdurch erhält der Stein einen schwachen Silberglanz, der Glimmer aber wird grau.

4. Porphyr, Dolomit und ähnliche Gesteine. Man schleift sie in der Regel mit Sandstein, Quarzsand und Wasser und polirt sie zuerst mit Tripel und hernach mit Zinnoxyd oder Zinnasche.

5. Serpentin wird meistens mit Speckstein polirt.

6. Basalt polirt man gewöhnlich mit schwarzem Marmor und Holzkohle.

7. Gypsstein. Man schleift ihn am besten anfangs mit Sandstein, Quarzsand und Wasser, hierauf mit zusammengebundenen Schachtelhalmen, die in warmes Wasser getaucht und darauf gut ausgedrückt und etwas abgetrocknet werden, damit sie ihre große Härte verlieren und nicht zu stark die Oberfläche des Steines angreifen, — endlich mit feingepulvertem Alabaster.

8. Alabaster. Das Glätten und Schleifen geschieht durch Reiben mit feinem Bimsstein oder mit Schachtelhalmen oder durch Schaben mit einem Schabeisen, das Poliren mit Holzkohle oder mit feingepulverter Kreide oder mit Kalkpulver und Seifenwasser oder mit einem Brei von Milch, venetianischer Seife und Kreide. Nach dem Poliren wird der Alabaster noch mit feingepulvertem und geschlämmtem Talk oder mit weißgebranntem und gepulvertem Hirschhorn und einem feuchten Leinwandlappen oder mit erwärtem Flanell abgerieben; er erhält dann ein wachsartiges Aussehen. Sehr feinen Alabaster reibt man mit Perlmutter- oder Alabasterpulver und einem feuchten Leinwandlappen. —

Ist die Politur auf einer Marmorfläche erblindet und bereits mit Flechten und Moosen überzogen, so reibt man den Stein am besten mit sehr verdünnter Salzsäure (1 Theil Säure auf 10 Theile Wasser) mittelst Schwamm oder Bürste sanft ab, wäscht ihn hierauf schnell mit reinem Wasser ab und polirt ihn von neuem. Zur Reinigung von polirten Granit-, Syenit- u. s. w. Flächen benutzt man jedoch besser Kieselfluorwasserstoffsäure. Bei Ausführung dieses Verfahrens müssen die Arbeiter zum Schutze gegen diese scharfe Säure dicht genähte und in Oel getränkte Handschuhe überziehen.*)

*) Handbuch der Architektur, 1883. I. Band, S. 96 und 97.

§ 39. Die Steinsägen.

Um größere Steinblöcke mit möglichst wenig Materialverlust in kleinere (z. B. in Platten) zu zertheilen oder um unregelmäßig geformte Steine mit rauher Oberfläche in regelmäßig gestaltete Werkstücke mit ebenen Flächen und scharfen Kanten durch Fortnahme dünner Schichten umzuwandeln, benutzt man Steinsägen mit eisernen (stählernen) oder kupfernen, bei harten Gesteinen zahnlosen, bei weichen gezähnelten Sägeblättern.

Ist das Gestein kein kostbares, kommt es also auf einen größeren Materialverlust nicht an, so wird man das Spalten durch Keile dem durch Steinsägen, weil billiger und in kürzerer Zeit ausführbar, vorziehen müssen. (Vgl. „Gewinnung der natürlichen Gesteine".)

Man unterscheidet Handsägen und Sägemaschinen. Erstere können mit Vortheil meistens nur bei weicheren Gesteinen angewendet werden, weil die durch sie bewirkte Theilung harter Steinblöcke in der Regel sehr viel Zeit beansprucht. Die Sägemaschinen (durch Motor betriebene Bandsägen, Gattersägen, Kreissägen) eignen sich gewöhnlich zu allen Gesteinsarten und besitzen meistens auch bei harten Steinen eine genügende Leistungsfähigkeit. Da sie ferner genauere Arbeiten liefern, so wird man sie den Handsägen stets vorziehen müssen.

Die Handsägen sind entweder gerade Sägen nach Art der Holzsägen oder durch Hand betriebene Bandsägen.

Die geraden Handsägen werden wie die Holzsägen von zwei Arbeitern in der Schnittfuge hin- und hergezogen, wobei in die Schnittstelle gewöhnlich gesiebter Kiessand, bei härteren Steinen auch sehr häufig Schmirgelpulver mit Wasser eingebracht wird, um die Schnittfuge zu ver-

größern und die Schnittflächen soviel wie möglich zu glätten und dadurch ein Nacharbeiten derselben nach der Trennung möglichst zu ersparen. Statt des Quarzsandes verwendet man bei weicheren Steinen mitunter auch Glaspulver oder pulverisirten Feuerstein, bei härteren Steinen hier und da auch Blei- oder Zinnabgänge, glasharten Gußstahl oder abgeschrecktes Gußeisen in Kügelchen von 0·6 bis 0·7 *mm* Durchmesser, die nur dadurch eine Vergrößerung der Schnittfuge herbeiführen, daß sie unter hohem Drucke in dem Schnitte hin- und herrollen und hierbei das Gefüge des Steines zerstören.

In einigen Steinbrüchen werden auch in neuester Zeit die Steinblöcke mit Hilfe eines Drahtseiles in Quader und Platten zerschnitten, so z. B. in den Granitbrüchen zu Traigneaux in Belgien und in den Sandsteinbrüchen zu Obernkirchen bei Hannover. Auch wird dieses Verfahren bei kleineren Arbeiten (z. B. Mosaikarbeiten) mit Vortheil angewendet. Hierher gehört die von dem Amerikaner Vialatte construirte Bandsäge, welche aus einem endlosen, weichen Stahldraht besteht, der über Rollen in stets gleicher Richtung und mit großer Geschwindigkeit bewegt und mittelst Leitrollen gegen den Steinblock gedrückt wird. Auch hier fördert man die Trennung ganz wesentlich, wenn man in die Schnittfuge mit Wasser angerührten Quarzsand, Schmirgelpulver u. s. w. schüttet. Der Stahldraht bleibt selbstverständlich um so länger brauchbar, je größer seine Länge ist.*)

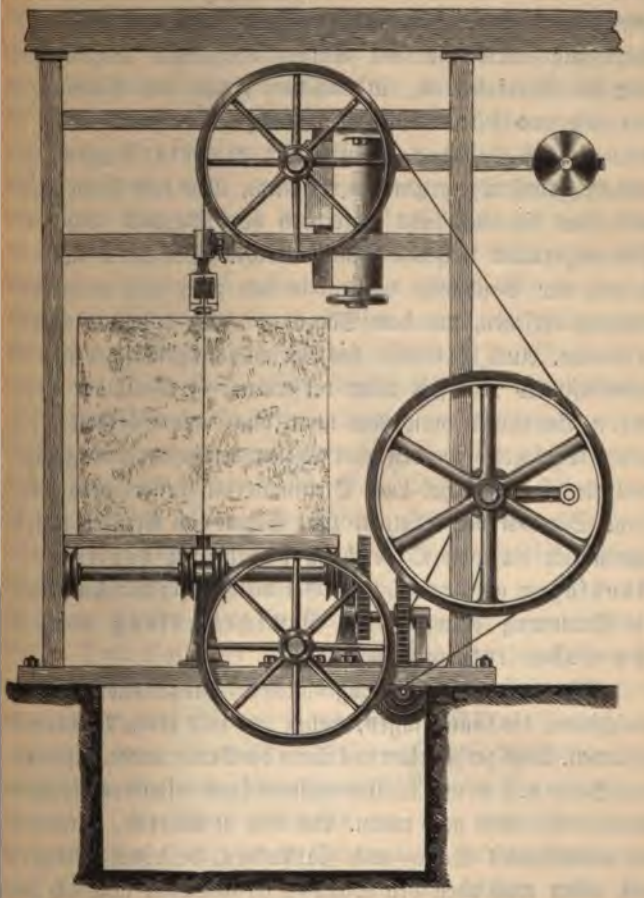
Auf demselben Principe beruht die Construction der Stahldrahtsäge von Chevalier, nur wird bei dieser der Steinblock durch ein Gegengewicht an den Stahldraht gedrückt.

---

*) *Scientific* American, Supplement 1884, S. 7096.

Zum Sägen von ganz weichen Kalksteinen u. s. w. findet die in Figur 87 abgebildete, von Emil Offenbacher

Fig 87.



n Markt-Redwitz gebaute, mit gezahnten Sägeblättern oder gen der zu starken Abnutzung besser mit einem ungezahnten

halb dieses Rahmens bewegt sich das Gatter. Der Vor
theil des Rahmens befindet sich zwischen einem mäßig star

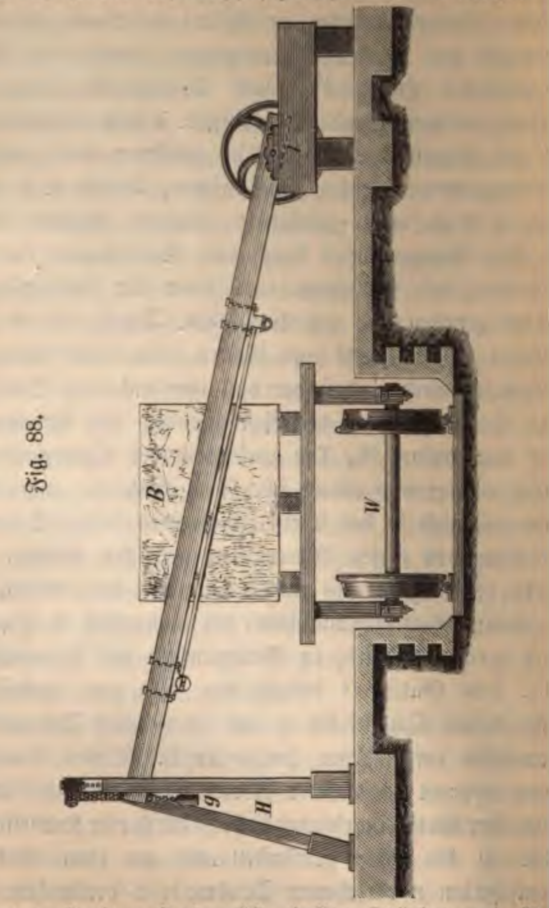


Fig. 88.

aber gut verstrebten Holzgerüst, dessen Ständer und Be
durch Schraubbolzen fest mit einander verbunden sind,
trägt eine Kette, welche über Rollen läuft und das zur

ulirung des Druckes dienende Gegengewicht g trägt. Der

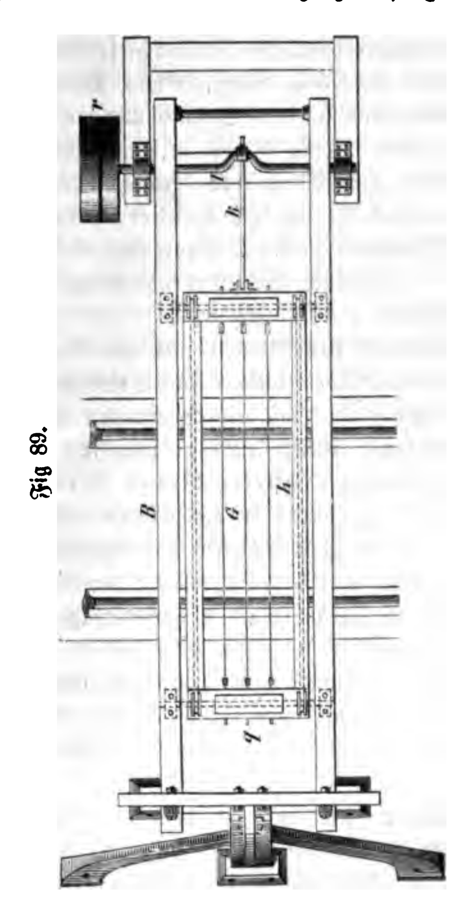


Fig 89.

zersägende Steinblock B wird auf einem auf Schienen fenden Wagen W unter die Säge gefahren.*)

*) Gottgetreu, Baumaterialien, Band I, S. 199.

halb dieses Rahmens bewegt sich das Gatter. Der Vordertheil des Rahmens befindet sich zwischen einem mäßig starken,

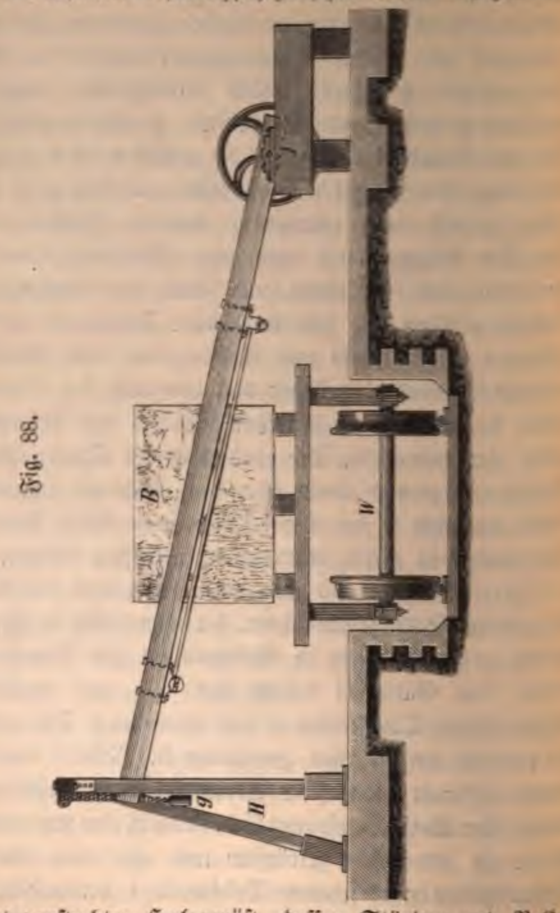


Fig. 88.

aber gut verstrebten Holzgerüst, dessen Ständer und Balken durch Schraubbolzen fest mit einander verbunden sind, und *trägt eine Kette*, welche über Rollen läuft und das zur Re-

der letzteren ganz besonders zum Schneiden sehr harter Steine, besitzen jedoch den Uebelstand, daß die Diamanten leicht aus ihren Fassungen herausfallen und verloren gehen können, weil sie sich nur sehr schwer haltbar befestigen lassen. Meistens werden in Metalllegierungen oder in Kupfer und Stahl Sitze nach Form und Größe der Diamantstücke hergestellt, in welche die letzteren, nachdem das Metall glühend gemacht worden ist, eingepreßt werden. Eine andere, von A. B. Newton in London erfundene, leicht lösbare Fassung besteht aus einem der Länge nach aufgeschlitzten, etwas konischen Schraubbolzen, in dessen Höhlung der Diamant eingesetzt und hierauf durch Anziehen der Schraubenmutter festgeklemmt wird.

Die Diamanten müssen so am Sägeblatt angeordnet sein, daß sie eine genügend breite Schnittfuge erzeugen können, um zu verhüten, daß sich das Sägeblatt oder die Fassung im Stein festklemmen. Klemmen sich die Diamanten in der Schnittfuge fest, so werden sie leicht zertrümmert. Um nach Möglichkeit diesem vorzubeugen, ist es rathsam, die Diamantsäge bei jeder Kurbeldrehung nur einmal durch den Stein laufen zu lassen.

Von den verschiedenen Diamantsägen haben besonders die von Hough Young in New-York und die von W. R. Lake in London größere Verbreitung gefunden. Letzterer hat sich auch eine Kreissäge patentiren lassen, welche an ihrem Umfange mit Diamantspitzen besetzt ist.

Kreissägen werden in neuerer Zeit, nachdem es gelungen ist, durch sinnreiche Constructionen die Abnutzung der Sägezähne erheblich herabzumindern und verbrauchte Zähne mit Leichtigkeit auszuwechseln, zum Schneiden der Steine sehr oft benutzt.

Neben den Constructionen von Cooke und Georg Hunter, von Munro und Adamson u. A. sind namentlich

Die Fabrik von Emil Offenbacher baut für harte Steine, speciell für Granit und Syenit, Steinsägegatter mit horizontal schwingendem Sägerahmen und mit Selbstsenkung, welche für Steinblöcke bis zu 3·0 *m* Länge, 1·5 *m* Breite und 1·8 *m* Höhe verwendbar sind und in 10 Stunden und pro Sägeblatt einen Schnitt von circa 30 bis 50 *mm* in schwedischem Granit und von etwa 50 bis 70 *mm* in gewöhnlichem Syenit zu erzeugen vermögen, — und für weichere Gesteine (Marmor, Serpentin, Sandstein u. s. w.) Sägegatter mit Schraubensenkung für Steinblöcke bis zu 4·5 *m* Länge, 2·0 *m* Breite und 2·0 *m* Höhe.

Zum Spalten von Blöcken und zur Bearbeitung der Ränder von Platten liefert dieselbe Fabrik eine zur Kategorie der Gattersägen gehörende, mit einem einzigen Sägeblatt versehene Trennsäge. Recht leistungsfähig ist auch die von Offenbacher gebaute, schnelllaufende Trennsäge mit Gewichtssenkung, welche in der Minute circa 150 Touren macht und sich auch zum Schleifen und Poliren von Profilen eignet, wenn man statt der Sägeblätter profilirte Eisen einsetzt. — Noch zu erwähnen ist die Gattersäge von Darby in Deptford, welche in 10 Stunden 9 bis 10 m^2 Fläche von hartem Gestein zu schneiden vermag, sowie die Sägemaschine von Pfaff in Chemnitz, von E. P. Bastin in London, von J. Sutclife Gabriel in London und von Pomble in Paris.

In neuerer Zeit sind — besonders in Amerika — **Diamantsägen** sehr viel und mit recht gutem Erfolge zur Anwendung gekommen. Diese Sägen, deren Blätter abwechselnd rechts und links mit schwarzen Diamanten (sogenannten carbons)*) besetzt sind, eignen sich wegen der großen Härte und Festigkeit

*) *Diamanten* für Steinsägen u. s. w. liefert u. A. F. Rook *in Mannheim.*

schneidet, soll einen circa 1 *m* langen und 0·46 *m* dicken Bruchstein in einer Viertelstunde in 5 bis 6 Platten zerschneiden können, eine Arbeitsleistung, die bei Anwendung einer Handsäge und Zuleitung von Quarzsand und Wasser einen halben Tag beanspruchen würde.

Da die in Figur 91 dargestellten Schneidewerkzeuge ziemlich theuer sind, so verwendet Hunter auch statt ihrer runde Scheibchen von 16 *mm* Durchmesser und circa 3 *mm* Dicke, welche aus Stahlblech ausgestanzt werden und in der

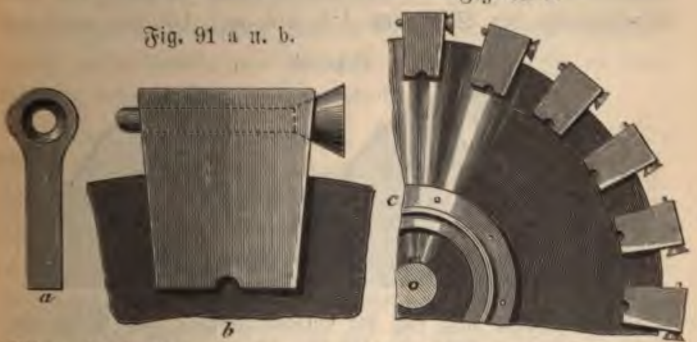


Fig. 91 a u. b. Fig. 91 c.

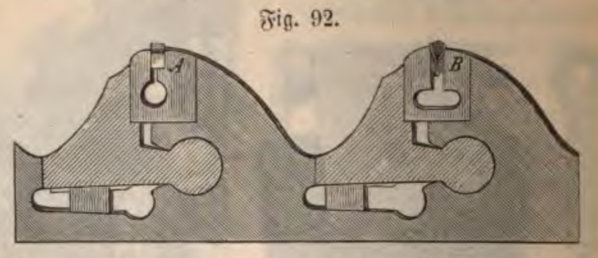
Mitte ein Grübchen und auf der Rückseite einen entsprechenden kleinen Buckel erhalten, mit welchem sie in, diesen Erhöhungen entsprechende, Höhlungen des Halters eingedrückt und sodann mit Stellschrauben befestigt werden.*)

Hervorzuheben ist wegen ihrer großen Leistungsfähigkeit auch die von Emerson, Ford und Comp. in Beaver Falls (Pennsylvanien) gebaute, sehr stark construirte und in ihren metallenen Theilen circa 10000 *kg* wiegende Steinsägemaschine, welche mit einer 1.85 *m* Durchmesser besitzenden, an ihrem Umfange mit 48 Diamanten oder gehärteten Stahl-

*) *„Maschinenbauer"* 1871, S. 253; Karmarsch' und Heeren's *techn. Wörterbuch, III. Aufl.* Band VIII, S. 460.

spitzen versehenen Kreissäge arbeitet. Das mit Stahlspitzen besetzte Sägeblatt eignet sich für alle weicheren Gesteinsarten (bis zur Härte eines gewöhnlichen Schleifsteines), für härtere Steine sind Diamantspitzen zu verwenden. Beim Zersägen weicher Steine wird die Säge am besten langsam gedreht und der Stein schnell vorgeschoben, beim Schneiden von harten Steinen und Benutzung von Diamantspitzen findet am zweckmäßigsten das Umgekehrte statt. Der Vorschub des auf einem Wagen u. s. w. befestigten Steines erfolgt von der Sägemaschine aus und es kann derselbe bei jeder Umdrehung der Säge von 1·6 bis auf 100 *mm* verändert

Fig. 92.



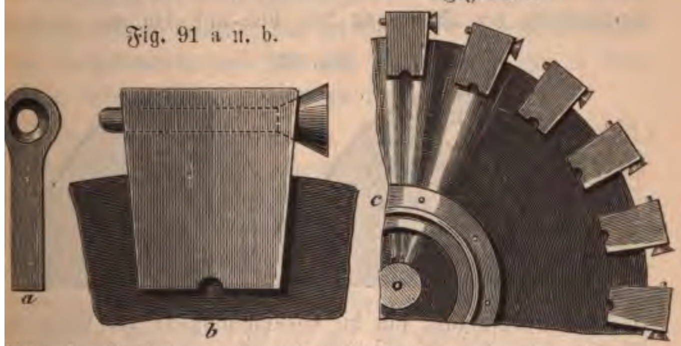
werden. Ebenso läßt sich die Geschwindigkeit der Säge ohne Veränderung der Tourenzahl der Hauptwelle von 5 auf 500 Umdrehungen pro Minute erhöhen. Eine einfache Vorrichtung ermöglicht ein Heben und Senken der ganzen Säge in kürzester Zeit ohne Hemmung ihrer Rotation und ohne Veränderung der Spannung des Treibriemens. Man kann also mit Leichtigkeit mit dieser Kreissäge Ober- und Unterschnitte in derselben Ebene ausführen und Steinblöcke von mehr als 76 *cm* und bis zu 150 *cm* Dicke und Breite in Platten zerschneiden. Es können mit der Emerson'schen Sägemaschine Steine bis zu 4·27 *m* Länge und unter jedem Winkel bis zu einer Tiefe von 1·5 *m* zerschnitten werden, auch läßt sich mit ihr aus einem Steinblock ein Eckstück heraussägen

chneidet, soll einen circa 1 *m* langen und 0·46 *m* dicken Bruchstein in einer Viertelstunde in 5 bis 6 Platten zerschneiden können, eine Arbeitsleistung, die bei Anwendung iner Handsäge und Zuleitung von Quarzsand und Wasser inen halben Tag beanspruchen würde.

Da die in Figur 91 dargestellten Schneidewerkzeuge iemlich theuer sind, so verwendet Hunter auch statt ihrer unde Scheibchen von 16 *mm* Durchmesser und circa 3 *mm* Dicke, welche aus Stahlblech ausgestanzt werden und in der

Fig. 91 a u. b.

Fig. 91 c.



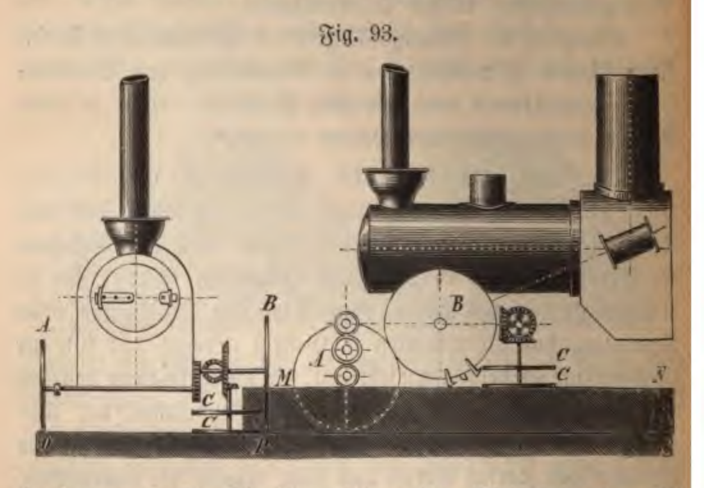
Mitte ein Grübchen und auf der Rückseite einen entsprechenden einen Buckel erhalten, mit welchem sie in, diesen Erhöhungen ntsprechende, Höhlungen des Halters eingedrückt und sodann it Stellschrauben befestigt werden.*)

Hervorzuheben ist wegen ihrer großen Leistungsfähigkeit uch die von Emerson, Ford und Comp. in Beaver alls (Pennsylvanien) gebaute, sehr stark construirte und in ren metallenen Theilen circa 10000 *kg* wiegende Steingemaschine, welche mit einer 1.85 *m* Durchmesser besitzenden, ihrem Umfange mit 48 Diamanten oder gehärteten Stahl-

*) „*Maschinenbauer*" 1871, S. 253; Karmarsch' und Heeren's hn. *Wörterbuch, III. Aufl.* Band VIII, S. 460.

werden. Die Säge A (Figur 93), Furchensäge genannt, besitzt bei der auf vorerwähnten römischen Steinbrüchen arbeitenden Maschine einen äußeren Durchmesser von 1·115 m sie macht in der Minute 88 Touren und es schreiten die Meißel mit einer Geschwindigkeit von 2·8 *m* pro Minute fort. Diese Säge stellt beim Vorrücken der ganzen Maschine in dem Gestein Längenschnitte her. Die Säge B, welche einen Durchmesser von 1·925 *m* besitzt und pro Minute 50 Um-

Fig. 93.



drehungen macht, schneidet, indem ihre Meißel in der Minute 2·74 *m* Schnittlänge ausführen, je nachdem die Steinstücke eine parallelepipedische oder keilförmige Gestalt erhalten sollen transversal, lothrecht oder schräg. Um sie in schräger Richtung auf den Stein wirken lassen zu können, ist sie mit einem jede Verstellung gestattenden Supportapparat verbunden. Die beiden kleineren, horizontal schneidenden Sägen C C mit 0.658 *m* Durchmesser drehen sich in der Minute 68mal, ihre Messer schreiten pro Minute um 2.44 *m* fort. Die Sägen sin

Durch Drehung eines kleinen Handrades kann die Säge auf ihrer Achse (bei jeder Umdrehung um etwa 6 *mm*) seitwärts verschoben werden, so daß das Arbeitsstück nicht eher bewegt zu werden braucht, als bis es vollständig in Platten, Quadern u. s. w. zerschnitten ist.

Die Figur 92 zeigt einen Durchschnitt von zwei Sägezähnen. Die Halter befinden sich in richtiger Stellung; sie sind aus Stahl gefertigt, verstellbar und lösbar. A ist der Stahlspitzenhalter, B der Diamanthalter.

Bezüglich der Leistungsfähigkeit der Emerson'schen Steinsägemaschinen sei bemerkt, daß bei Verwendung von Diamantspitzen beispielsweise vom härtesten Sandstein 60 *cm* in einer Minute sollen zerschnitten werden können.*)

Die von der Società Nazionale d'Industria Meccaniche in Neapel gebaute, einer Lokomobile ähnelnde, Steinsägemaschine von Graziosi, welche nach den Berichten der Herren Dr. H. Grothe und Ingenieur Gabet, die sie in Thätigkeit gesehen haben, ohne Stoß und Schlag und ohne Erzeugung von Bruchspalten im Gestein arbeitet und sich für gleichmäßige Gesteinsarten sehr gut, für unregelmäßige dagegen nicht eignet, wird u. A. auf den Tuffsteinbrüchen der Umgebung Roms verwendet. Diese Maschine ruht auf einem vierräderigen starken Gerüst und trägt sowohl die bewegenden, als auch die den Schnitt hervorrufenden Theile (Kreissägen). Die Maschine besitzt vier Kreissägen, welche als Zähne leicht auszuwechselnde, stählerne, hakenförmig gebogene Meißel besitzen, mit denen die Steine in Gestalt von Keilen oder vierseitigen Prismen aus der Gebirgsmasse herausgeschnitten

*) Eine ausführlichere Beschreibung, eine Hauptansicht und Details der Emerson'schen Maschine findet man u. A. im „Maschinenbauer" *1873, S. 116, und* 1877 S. 356 und 357.

§ 46. Verschiedene Ausführung der Ansichtsflächen Fugenschnitte der Quader.

Die Fugen der Quadermauern werden meistens sogenannte Fugenschnitte, eine einfache Abfasung andere, oftmals reich gegliederte Profilirungen der Stei hervorgehoben, um der Façade ein reicheres und gefäll Aussehen zu geben.

Fig. 94.



Ist eine Mauer aus den in Figur 94 skizzirten fachen, mit glatter, scharrirter oder geschliffener Stirn versehenen Quadern aufgeführt, so sieht sie, da bei sorgfä

Fig. 95.





Arbeit die Fugen, die möglichst schmal zu nehmen, sichtbar sind, recht kahl und nüchtern aus.

Einen besseren Eindruck macht schon die Quader wenn die einzelnen Quader durch Schläge begrenzt und Ansichtsflächen gespitzt, gekrönelt oder gestockt sind. (Figu Noch besser wirken die Quader, deren Kanten abgestu ‚ft", und deren Stirnflächen verschieden gekörn

scharrirt sind. (Figur 96). Ein Rustica-Quadermauerwerk ist in Figur 97 dargestellt; die einzelnen Quader sind in Richtung der Fugen sehr kräftig profilirt und ihre Ansichts-

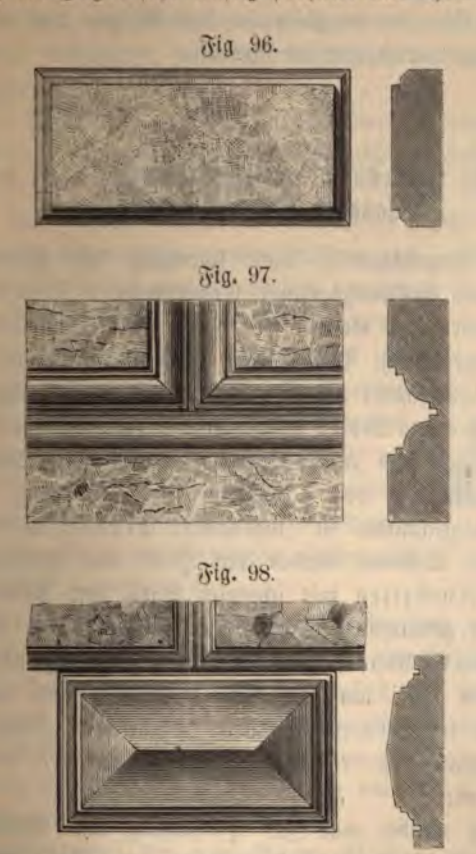


Fig 96.

Fig. 97.

Fig. 98.

flächen rauh bossirt gelassen. Die reichste Bearbeitung der Quader *zeigt Figur 98.* Solche mit kantig bearbeiteten Pris- *men besetzte* Quader nennt man Brillantquader. Auch

§ 46. Verschiedene Ausführung der Ansichtsflächen und Fugenschnitte der Quader.

Die Fugen der Quadermauern werden meistens durch sogenannte Fugenschnitte, eine einfache Abfasung oder andere, oftmals reich gegliederte Profilirungen der Steinkante hervorgehoben, um der Façade ein reicheres und gefälligeres Aussehen zu geben.

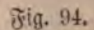


Fig. 94.





Ist eine Mauer aus den in Figur 94 skizzirten, einfachen, mit glatter, scharrirter oder geschliffener Stirnfläche versehenen Quadern aufgeführt, so sieht sie, da bei sorgfältiger

Fig. 95.





Arbeit die Fugen, die möglichst schmal zu nehmen, kaum sichtbar sind, recht kahl und nüchtern aus.

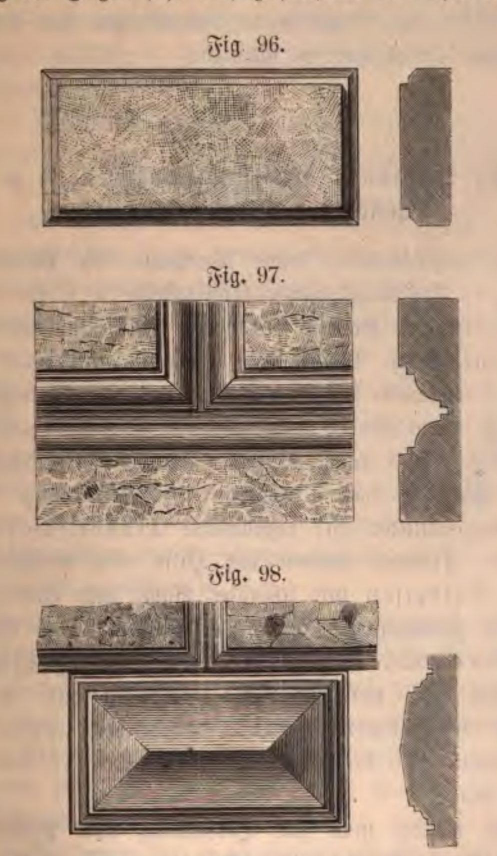
Einen besseren Eindruck macht schon die Quaderwand, wenn die einzelnen Quader durch Schläge begrenzt und ihre Ansichtsflächen gespitzt, gekrönelt oder gestockt sind. (Figur 95). Noch besser wirken die Quader, deren Kanten abgestumpft, *„gefast“*, und deren Stirnflächen verschieden gekörnt oder

rirt sind. (Figur 96). Ein Rustica-Quadermauerwerk
n Figur 97 dargestellt; die einzelnen Quader sind in
tung der Fugen sehr kräftig profilirt und ihre Ansichts-

Fig. 96.

Fig. 97.

Fig. 98.



en rauh bossirt gelassen. Die reichste Bearbeitung der
der zeigt Figur 98. Solche mit kantig bearbeiteten Pris-
besetzte Quader nennt man Brillantquader. Auch

messern, welche die genaue Form des Gesimses besitzen und in auf Wellen aufgebolzten Haltern befestigt sind. Bei Gesimsen mit vielen Gliedern von denen einige tiefer sind als die anderen, müssen zuweilen mehrere Schabmesser verwendet werden. Das Arbeitsstück wird unter den rotirenden Messern langsam fortbewegt. Ein zwei- bis dreimaliges Durchpassiren des Steines genügt meistens zur Vollendung der Arbeit, die sich wegen ihrer großen Genauigkeit mit der besten Handarbeit soll messen können.

Die fast ausschließlich nur zur Herstellung von Gesimsen bestimmte Maschine von **Western und Comp.** in London arbeitet in mittelharten Steinen ein einfaches Gesimse von 5 *m* Länge in etwa einer Stunde aus.*)

Zum **Einschleifen von Profilen** an Blöcke und Platten bis zu 1·5 *m* Länge, Breite und Höhe, sowie auch zur Bearbeitung glatter Stücke dient die aus einem Schleifstangensystem bestehende Profil- und Kantenschleifmaschine von **Emil Offenbacher** in Markt-Redwitz.

Das Schleifstangensystem ist aus gedrehten Wellen hergestellt und wird durch ein Kurbelradvorgelege und einen zwischenliegenden geschlitzten Pendel hin- und hergeschoben. Die an den Enden der Schleifstangen angeordneten Schleifplättchen werden mittelst Winkelhebel und Gegengewicht an die wagerecht gelegte Steinplatte angepreßt. Damit sich die Maschine sowohl den Größenverhältnissen der profilirten Stücke, als auch der Entfernung zwischen den einzelnen Profilgliedern bequem anpassen kann, ist der Abstand der beiden Schleifstangen beliebig verstellbar, auch lassen sich die Lager der Schleifklötze mit diesen seitlich verschieben.

Um ein vorhandenes **Modell** in gleicher Größe oder in einem kleineren Maßstabe in Marmor zu copiren, kann

*) Polytechnisches Journal, Bd. 250, S. 304.

von Brearly und Marsden und von Johnson und Ellington (Holmes und Payton) direct benutzt.

Karniese, Rundstäbe, Cannelirungen u. s. w. lassen sich mit der Maschine von G. Stacy (§ 37) leicht und sauber ausführen, wenn dieselbe mit entsprechenden Abänderungen versehen wird.

Zur Herstellung von Kehlungen dient in England eine im „Moniteur belge" (1878, S. 29) näher beschriebene, bei großen Privat- und Staatsbauten in London bereits seit Jahren mit Erfolg verwendete Maschine, welche in einer Stunde eine 4·8 *m* lange gerade Kehlung aus hartem Gestein tadellos auszuarbeiten vermag.

Fig. 99.



Einfache Profilirungen in weicheren Steinen können durch die von Birell und Rotheroë in London construirte Hobelmaschine hergestellt werden, welche bei Hin- und Herführung des Arbeitsstückes gleichzeitig mit vier Stahlmessern arbeitet und zugleich mit einer Säge zum Zerschneiden der Steine und mit einer Art Schleifmaschine zur Erzeugung glatter und ebener Flächen combinirt ist.*)

Die von Eastmann construirte, den Brunton und Trier'schen Steinbearbeitungs-Maschinen (§ 37) ähnelnde Maschine dient zur Ausarbeitung von Gesimsen und zum Canneliren von Säulen. Dem gewünschten Profile entsprechend sind am Umfange eines großen Cylinders kleine konische Räder aus Hartguß angeordnet, welche rotirend das Werkstück bearbeiten.

Die Werkzeuge der von Georg Hunter construirten Planir- und Gesimsmaschine**) bestehen aus Schab-

*) Ausführlicheres hierüber im „Engineer", Bd. 25, S. 114.
**) „Maschinenbauer" 1871, S. 253.

stücken bestehen. Sind sie durch einzelne Mauern unterstützt, so müssen sie aus einem einzigen Stück hergestellt werden, das der Durchbiegung wegen im Durchschnitt nicht länger als etwa 2·0 bis 2·5 *m* sein darf. Liegen die Treppenstufen nur mit **einem** Ende im Mauerwerk und ist also ihr anderes Ende nicht unterstützt (**freitragende Treppen**), so sind sie kürzer, im Durchschnitt etwa 1·2 bis 1·5 *m* lang zu wählen.*) Liegen sie im **Freien**, wo sie allen schädlichen Witterungseinflüssen ausgesetzt sind und allmälich an Festigkeit verlieren, so wird man sie je nach dem Grade ihrer Dauerhaftigkeit entsprechend kürzer als die geschützt liegenden machen müssen.

Die **Breite** — der Auftritt — der Treppenstufen richtet sich je nach der **Höhe** — der **Steigung**. Es ist üblich, den Auftritt (a) und die Steigung (s) so zu wählen, daß

$$2\,s + a = 60\,cm$$

beträgt.

Die Steigung wird bei Prachttreppen zwischen 12 und 13·5 *cm*, bei Haupttreppen in bürgerlichen Wohnhäusern zwischen 14 und 16·5 *cm*, bei Nebentreppen zwischen 17 und 22 (und mehr) *cm* angenommen, so daß sich nach obiger Formel eine Auftrittsbreite von 36 bis 33, beziehungsweise 32 bis 27, beziehungsweise 26 bis 15 *cm* ergiebt, zu welcher häufig noch eine um 2·5 bis 3 *cm* vortretende Gliederung hinzukommt.

Zu den Hausteinstufen muß ein möglichst widerstandsfähiges Material genommen werden, damit ein „Austreten"

*) Die hier aufgeführten Durchschnittswerthe stützen sich a[illegible] Berechnungen, die wir mit verschiedenen Gesteinsart[illegible] [illegible]hme einer gleichmäßig vertheilten, durch Menschengedrän[illegible] [illegible]enen Belastung und einer zehnfachen Sicherheit, sowie u[illegible] der in Tabelle VII. dieses Bandes aufgeführten Coëfficiente[illegible] [illegible]gsfestigkeit angestellt haben.

nicht so leicht zu befürchten ist. Man verwendet meistens Granit, harten Sandstein, Schiefer und Marmor.

Die nicht sichtbaren Flächen aller Hausteinstufen (z. B. die Rückseite der Stufen bei den durch Untermauerung oder Unterwölbung unterstützten Treppen) werden, um Arbeit und Kosten zu ersparen, stets rauh gelassen, die sichtbaren dagegen rein gearbeitet, d. h. gekrönelt oder gestockt oder scharrirt, auch geschliffen und polirt. Um ein Ausgleiten des Fußes zu verhüten, dürfen die Auftrittsflächen (ausgenommen die sie einschließenden Schläge) bei besonders glatten Steinen (wie z. B. Marmor und Granit) nicht geschliffen und polirt werden, falls die Treppen nicht, wie in herrschaft-

Fig. 100.

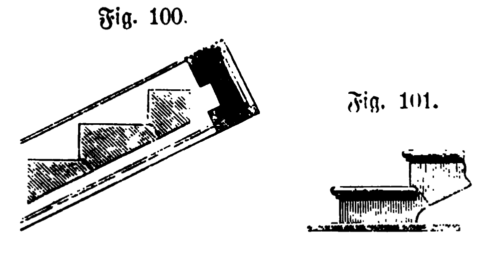


Fig. 101.

lichen Wohngebäuden üblich, mit Decken belegt werden sollen. (Vgl. auch § 46, Trottoirplatten).

Die Stufen erhalten im Querschnitt annähernd die Gestalt eines Rechteckes oder rechtwinkeligen Dreieckes und werden entweder scharfkantig hergestellt (Figur 100) oder an ihrer Antrittskante mit einem einfachen Profil begrenzt oder — bei freitragenden Treppen — mit Widerkehr profilirt, d. h. es wird das den Stufen an ihrer Vorderkante gegebene Profil auch an der sichtbaren Stirnfläche fortgeführt. (Figur 101).

Sind die Stufen in Hausteinwangen eingelassen, so erhalten *diese Zargensteine* bei eleganteren Treppen nicht nur *seitlich, sondern auch* unten eine Profilirung. (Figur 100).

stücken bestehen. Sind sie durch einzelne Mauern unterstützt, so müssen sie aus einem einzigen Stück hergestellt werden, das der Durchbiegung wegen im Durchschnitt nicht länger als etwa 2·0 bis 2·5 *m* sein darf. Liegen die Treppenstufen nur mit **einem** Ende im Mauerwerk und ist also ihr anderes Ende nicht unterstützt (**freitragende Treppen**), so sind sie kürzer, im Durchschnitt etwa 1·2 bis 1·5 *m* lang zu wählen.*) Liegen sie im **Freien**, wo sie allen schädlichen Witterungseinflüssen ausgesetzt sind und allmälich an Festigkeit verlieren, so wird man sie je nach dem Grade ihrer Dauerhaftigkeit entsprechend kürzer als die geschützt liegenden machen müssen.

Die **Breite** — der Auftritt — der Treppenstufen richtet sich je nach der **Höhe** — der **Steigung**. Es ist üblich, den Auftritt (a) und die Steigung (s) so zu wählen, daß

$$2\,s + a = 60\,cm$$

beträgt.

Die Steigung wird bei Prachttreppen zwischen 12 und 13·5 *cm*, bei Haupttreppen in bürgerlichen Wohnhäusern zwischen 14 und 16·5 *cm*, bei Nebentreppen zwischen 17 und 22 (und mehr) *cm* angenommen, so daß sich nach obiger Formel eine Auftrittsbreite von 36 bis 33, beziehungsweise 32 bis 27, beziehungsweise 26 bis 15 *cm* ergiebt, zu welcher häufig noch eine um 2·5 bis 3 *cm* vortretende Gliederung hinzukommt.

Zu den Hausteinstufen muß ein möglichst widerstandsfähiges Material genommen werden, damit ein „Austreten"

*) Die hier aufgeführten Durchschnittswerthe stützen sich auf statische Berechnungen, die wir mit verschiedenen Gesteinsarten …er Annahme einer gleichmäßig vertheilten, durch Menschengedränge …gerufenen Belastung und einer zehnfachen Sicherheit, sowie mit …der in Tabelle VII. dieses Bandes aufgeführten Coëfficienten …keit angestellt haben.

nicht so leicht zu befürchten ist. Man verwendet meistens Granit, harten Sandstein, Schiefer und Marmor.

Die nicht sichtbaren Flächen aller Hausteinstufen (z. B. die Rückseite der Stufen bei den durch Untermauerung oder Unterwölbung unterstützten Treppen) werden, um Arbeit und Kosten zu ersparen, stets rauh gelassen, die sichtbaren dagegen rein gearbeitet, d. h. gekrönelt oder gestockt oder scharrirt, auch geschliffen und polirt. Um ein Ausgleiten des Fußes zu verhüten, dürfen die Auftrittsflächen (ausgenommen die sie einschließenden Schläge) bei besonders glatten Steinen (wie z. B. Marmor und Granit) nicht geschliffen und polirt werden, falls die Treppen nicht, wie in herrschaft-

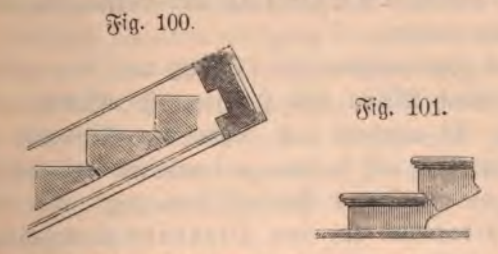


Fig. 100. Fig. 101.

lichen Wohngebäuden üblich, mit Decken belegt werden sollen. (Vgl. auch § 46, Trottoirplatten).

Die Stufen erhalten im Querschnitt annähernd die Gestalt eines Rechteckes oder rechtwinkeligen Dreieckes und werden entweder scharfkantig hergestellt (Figur 100) oder an ihrer Antrittskante mit einem einfachen Profil begrenzt oder — bei freitragenden Treppen — mit Widerkehr profilirt, d. h. es wird das den Stufen an ihrer Vorderkante gegebene Profil auch an der sichtbaren Stirnfläche fortgeführt. (Figur 101).

Sind die Stufen in Hausteinwangen eingelassen, so erhalten diese *Zargensteine* bei eleganteren Treppen nicht nur *seitlich, sondern auch unten* eine Profilirung. (Figur 100).

§ 43. Die Herstellung von Säulen.

Soll aus einem parallelepipedischen Steinblock ein Säulenschaft gefertigt werden, so trägt man zunächst auf die beiden Lagerflächen — Kopf- und Fußfläche der späteren Säule — die Grundkreise mit Röthel auf. Hierauf stellt man durch Abschlagen der Kanten mittelst Meißel und Hammer aus dem Parallelepipedum ein achtseitiges Prisma, aus diesem ein sechzehnseitiges u. s. f. her und nähert sich also auf diese Weise allmälich dem Kreise. Ist die Säule mit verschiedenen Durchmessern, mit Schwellung oder Verjüngung, herzustellen, so benutzt man bei der Bearbeitung Richtscheite oder Lehren, welche nach der gewünschten Schwellung oder Verjüngung besonders angefertigt werden.

Das Fertigmachen der Säule aus dem vielseitigen Prisma durch Meißel und Hammer ist mühevoll und zeitraubend. Es empfiehlt sich daher, den Steinblock mittelst dieser Werkzeuge nur so weit zu bearbeiten, daß derselbe annähernd die Form des Säulenschaftes zeigt, und das ro bossirte Arbeitsstück auf einer Drehbank zu vollenden.

Das Abdrehen der Säulenschäfte erfolgt entweder an einer einfachen Drehbank mit Fußbetrieb, indem das eingespannte Arbeitsstück durch die Kraft des Fußes des Arbeiter je nach der Härte des Materials in schnellere oder langsamere Umdrehung versetzt und der Drehstahl von dem Arbeiter in richtiger Stellung gegen den Steinblock geführt wird, oder da beim Abdrehen aus freier Hand der Erfolg zu sehr von der Geschicklichkeit des Arbeiters abhängt, besser auf Maschinen die selbstthätig arbeiten. Im Allgemeinen wird man die Handarbeit bei kleineren, die Maschinenarbeit bei größeren Arbeitsstücken anwenden. Die Maschinen sind nach Art der Metalldrehbänke construirt und arbeiten in ähnlicher Weise w

diese, d. h. mit starkem Druck und unter beständiger oder ruckweiser Rotation des Säulenstückes.

Eine von Emil Offenbacher in Markt-Redwitz gebaute Drehbank ist in Figur 102 in der Längenansicht dargestellt. Das roh bossirte Säulenstück wird mit dem einen Ende in die Klaue der verzahnten Planscheibe eingespannt und geht mit dem anderen in der Spitze des Körners (Reitstockes). Die Planscheibe und somit auch der Stein sowie der Support mit dem Drehstahl, welcher pro Minute etwa 800mal hin- und herbewegt wird und während der Arbeit beliebig verstellt werden kann, werden gleichzeitig von der an der Drehbank seitlich angeordneten Stufenscheibe aus bewegt, wodurch die entsprechende ruckweise Fortbewegung des Steines, sowie das beim Stillstand desselben erfolgende Einschlagen des Stahles erzielt wird. Die Spandicke kann stets leicht verändert werden. Diese Maschine vermag gerade und geschwellte Säulen bis zu 4·0 *m* Länge und 0·95 *m* Durchmesser selbstthätig ohne Hilfe eines Arbeiters abzudrehen. Die Werkzeuge werden hierbei in der gleichen Weise und Reihenfolge benutzt wie bei der Handarbeit.

Das nach dem Abdrehen, d. h. nach dem feinen Stocken der Säule folgende Schleifen und Poliren wird auf derselben Maschine dadurch bewirkt, daß der Stein durch die auf dem Spindelstock befindliche Stufenscheibe in schnelle Umdrehung versetzt und in den Stahlsupport ein entsprechend gestaltetes, sich durch die Hauptspindel selbstthätig hin- und herschiebendes Schleif- oder Poliereisen befestigt und an das Arbeitsstück angedrückt wird.

Zum Abdrehen von weichen Steinen (wie Marmor, Serpentin u. s. w.) baut Offenbacher sehr starke Drehbänke (nach Art der Eisendrehbänke) mit feststehendem Drehstahl.

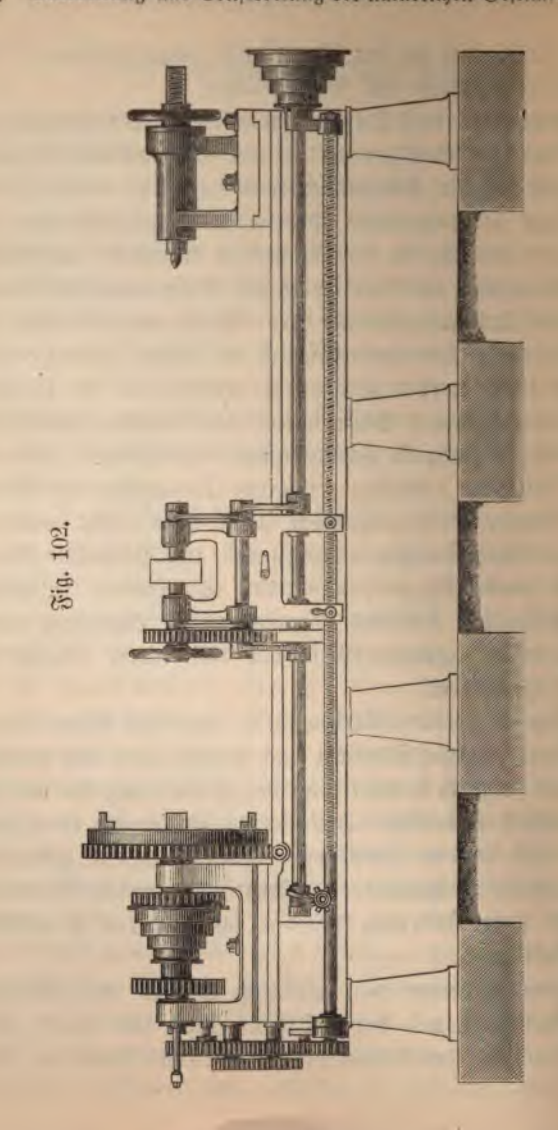


Fig. 102.

Zum Schleifen und Poliren der von Hand vorgearbeiteten Säulen dient die von demselben Fabrikanten gebaute Säulen-Schleif- und Polirmaschine, welche für Säulen bis zu 5·0 *m* Länge und 0·9 *m* Durchmesser anwendbar ist. Ein kräftiger Spindelstock und ein Reitstock sind auf zwei starken ⊤-Trägern verschiebbar angeordnet. Das zwischengespannte Säulenstück wird mittelst Stufenscheibe und Treibriemen in schnellere oder langsamere Umdrehung versetzt. Zu gleicher Zeit wird mittelst Kurbelradvorgelege und Zugstange die aus U-Eisen gefertigte, mit den Schleif- und Polirkörpern versehene Stange auf der Säule in Richtung ihrer Längenachse hin- und hergeschoben und hierdurch der Schliff, beziehungsweise die Politur erzeugt. Zur Auflage der bei der Herstellung von profilirten Säulen von Hand anzudrückenden oder festzukeilenden Façoneisen dient eine, Spindelstock und Reitstock verbindende, stark construirte Traverse.

In Amerika benutzt man zur Herstellung von Säulen auch Diamant-Kern-Bohrmaschinen. Mit einer solchen Maschine wurden beispielsweise aus einem Marmorfels Säulen von 1·0 *m* Durchmesser herausgebohrt, welche beim Bau des Capitols von Illinois Verwendung fanden.

Cannelirte Säulen aus Marmor und anderen weicheren Gesteinsarten können auch mit der von Esterer in Altötting erfundenen Maschine hergestellt werden.

Die im § 41 erwähnten Maschinen von Eastmann, von G. J. Schmidt und die im § 37 näher beschriebene Steinbearbeitungs-Maschine von G. Stacy, wenn dieselbe mit geringen Abänderungen versehen wird, eignen sich ebenfalls zu diesen Arbeiten.

---

§ 44. Die Herstellung der Pflastersteine und Bordschwellen.*)

Die durch Sprengungen mit Pulver oder Dynamit, durch Stahl- oder Holzkeile, durch Brechstangen u. s. w. vom Felsen abgelösten Steinblöcke werden mit schweren, 9 bis 15 kg wiegenden Gußstahlhämmern, Keilen, Sägen (Diamantsägen) u. s. w. in der, von uns in den §§ 7, 8 und 39 dieses Bandes näher beschriebenen Weise gespalten. Zeigt das Gestein eine deutliche Schichtung, so wird man diese, um sich die Arbeit zu erleichtern, nach Möglichkeit benutzen.**) Geschichtete Gesteine reißen mitunter im Winter bei sehr starkem Froste auch in größeren Dimensionen von selbst. Sind Steine mit schieferiger Structur zu Straßenpflasterungen zu verwenden, was freilich nicht vortheilhaft ist, so müssen sie so verlegt werden, daß ihre Schichtungsflächen parallel zur Straßenoberfläche laufen, anderenfalls werden die Steine von den Wagenrädern leichter zerstört. Dieser Umstand ist bei dem Zurichten der Pflastersteine wohl zu berücksichtigen.

Die kleineren Steine werden bis zur gewünschten Größe der Pflastersteine entweder dadurch getheilt, daß man die Steine hohl legt und mit 6 bis 9 *kg* schweren Spalthämmern bearbeitet, oder dadurch, daß man zunächst auf einem Theile ihres Umfanges, beziehungsweise auf dem ganzen Umfange in der Linie, nach welcher die Steine spalten sollen, mittelst scharfkantiger Hämmer oder mittelst Stahlmeißel, auch wohl mit Hilfe einer mit schweren Fallmeißeln ausgestatteten St[illegible]

*) Mit Benutzung von: „Die Baumaterialien der Steinstraßen" von Prof. E. Dietrich (Berlin 1885) und „Handbuch des gesammten Straßenbaues in Städten" vom Verfasser dieses Werkes (Jena 18[illegible]

**) Um die natürliche Schichtung deutlich hervortreten zu lassen, werden in einigen Steinbrüchen (z. B. des Weserthales) die im Winter gebrochenen Steine im Frühjahre so gelagert, daß die *Stirnflächen von* den Sonnenstrahlen getroffen werden.

stemmmaschine*) Rillen von einigen Millimetern Breite und Tiefe einarbeitet, und hierauf erst die Steine hohl legt und mit Gußstahlschlägeln bearbeitet. Ist das Gefüge der Steine ein gleichmäßiges und ihre Härte und Zähigkeit gering und wird der Hammer geschickt geführt, so fallen die Steine meistens genau nach der Linie der Einkerbung auseinander und oft (z. B. bei einigen Graniten) mit so ebenen Bruchflächen, daß eine weitere Bearbeitung ihrer Flächen unnöthig ist.

Auf den Steinbrüchen von Quenast bei Brüssel werden die großen Steinblöcke mit 12 bis 14 *kg* schweren schneidenden Spalthämmern geritzt und gespalten und die kleineren Steinstücke dann nochmals mit nur 6 bis 12 *kg* wiegenden Hämmern dadurch zertheilt, daß mit diesen Werkzeugen mehrere Male je nach der Spaltlinie auf den Kopf des Steines geschlagen wird. Das Zurichten der Pflastersteine erfolgt auf diesen und anderen Brüchen mit Hilfe von kleinen, nur 3 bis 3·5 *kg* schweren, ganz aus Stahl bestehenden oder wenigstens gut verstählten und mit einem kurzen Stiele versehenen Hämmern quadratischen Querschnittes mit cylinderisch oder flach keilförmig ausgearbeiteten Endflächen (Figur 103). Die Pflastersteine werden in ihren Begrenzungsflächen mehr oder minder sorgfältig geebnet; man erhält hierdurch entweder behauene, feingeschlagene Pflastersteine oder gewöhnliche, sogenannte benoppte. Die Bearbeitung der Pflastersteine geschieht auf einigen Steinbrüchen auch mit kleinen, flach- und stumpfbahnigen Richthämmern im Gewichte von 2 bis 2·5 *kg*, sowie auch mit Spitzeisen und Stockhammer.

Fig. 103.

*) Eine Beschreibung und Zeichnung einer solchen Maschine findet man in Dingler's polytechn. Journal 1878, Band 229.

Auf den Pflastersteinbrüchen zu Wildemann im Harz benutzt man gewöhnliche Handfäustel mit quadratischen Endflächen und auf den Brüchen zu Gommern bei Magdeburg Schneidehauen (Finnhämmer) mit einer parallel zum Stiel laufenden Schneide.

Um aus parallelepipedischen Steinstücken Würfel herzustellen, kann man den von G. J. Schmidt erfundenen Steinspalthammer vortheilhaft verwenden.*)

Zum Heruntertreiben großer Blöcke von der Felswand und zum Spalten der Steine wird in Marcoussis bei Paris ein 560 *kg* schwerer Dampfhammer benutzt, über welchen wir bereits im § 8 dieses Bandes Näheres mitgetheilt haben.

Steine von sehr großer Härte (z. B. Basalt) erfordern beim Zerschlagen und Zurichten sehr viel Gußstahlmaterial.

Die Zurichtung der Pflastersteine verlangt eine jahrelange Uebung. E. Dietrich bemerkt hierzu (a. a. O. S. 135): „Es ist eine in den Steinbrüchen bekannte Thatsache, daß die Arbeiter bei gleichem Gesteine, gleichem Fleiße, gleicher Arbeitszeit und gleicher Güte der Arbeit Steinmengen fertigmachen, welche auch dann bis zu 50% von einander abweichen, wenn die sämmtlichen Arbeiter bereits jahrelange Uebung im Zurichten der Steine besitzen. Das Zurichten eines Steines erfordert Geschicklichkeit der Hand und Uebung des Auges, und in diesem Sinne läßt sich über die Berechtigung der Forderung, auch diese Handarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen, streiten. Thatsache ist, daß alle Versuche nach dieser Richtung bisher mißglückten; die Sache ist besonders auch deshalb schwierig, weil es nicht Aufgabe des Schlägers ist, aus den Steinstücken stets das gleiche Stein-

*) Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 234, S. 366 und 367, bringt von diesem Werkzeuge eine ausführlichere Beschreibung und Zeichnung.

format zu gewinnen; er hat vielmehr ganz nach der zufälligen Gestalt des Steinbrockens einen Stein der einen oder anderen Gattung zuzuhauen."

Ein in Quenast vorzugsweise zum Entgroben und Abvieren und darauf nur zum Schlagen benutzter mechanisch wirkender Hammer befriedigte wenig, einmal, weil die von ihm gelieferte Arbeit sich wesentlich theurer stellte als die Handarbeit, sodann aber auch, weil es schwierig war, dem Stein ein in jedem Augenblicke festes Lager zu geben, um die gewünschte Wirkung des Schlages zu erzielen (Dietrich, S. 153).

Die Straßenoberfläche wird sich um so gleichmäßiger abnutzen, je mehr die Härte, Größe und Gestalt der Steine übereinstimmt. Um locale Senkungen im Pflaster möglichst zu vermeiden, dürfen Steine ungleichen Formates nicht durcheinander verpflastert werden, weil die kleineren Pflastersteine durch den Druck der Wagenräder leichter in die Unterbettung getrieben werden als die größeren. Man hat die Pflastersteine zu sortiren (nach Unterschieden von höchstens 1·5 *cm*) und sie so auf das Pflaster zu vertheilen, daß Steine von gleicher oder nahezu gleicher Größe in möglichst großen Streifen (Längen) aneinander stehen und kein erheblicher Unterschied in der Breite zusammenstehender Reihen vorhanden ist.

Den Pflastersteinen giebt man die Gestalt von Würfeln, von rechtwinkelig vierseitigen Prismen (mit gleichen Kopf- und Fußflächen) oder von abgestumpften Pyramiden (mit ungleich großen Kopf- und Fußflächen). In Berlin kommen auch sogenannte Fünfecksteine bei Herstellung von Diagonalreihenpflasterungen zur Verwendung, welche aus einem Rechtecke bestehen, an dessen Langseite sich ein rechtwinkelig-gleichschenkeliges Dreieck anschließt. Würfelförmige und parallelepipedische Pflastersteine sind tragfähiger als

pyramidale, und zwar nimmt die Tragfähigkeit der letzteren mit Zunahme der Verjüngung vom Kopfe bis zum Fuße ab. Steine, deren Fußfläche kleiner ist als ihre Kopffläche, werden auch leichter in den Unterbettungskies durch den Stoß der Wagenräder eingetrieben. Es ist daher zweckmäßig, das Verhältniß der Fußfläche zur Kopffläche nicht kleiner zu wählen als etwa 1 : 3. Gewöhnlich beträgt die Fußfläche $1/2$ bis $5/6$ der Kopffläche. Da sich die Fugen der pyramidenförmigen Pflastersteine mindestens bis zur halben Höhe der Steine dicht schließen sollen, so darf die Verjüngung erst in halber Höhe unter der Kopffläche beginnen.

Das Verhältniß zwischen der Breite und Länge der Pflastersteine wird in den einzelnen Städten sehr verschieden verlangt; es schwankt zwischen 1 : 1 (Würfelsteine) und 1 : 3·5 (in Berlin in neuester Zeit 1 : 2·25, in Paris und Brüssel 1 : 1·6, in London 1 : 2 bis 1 : 3·5, in Warschau 1 : 1, in Wien 1 : 1 und 1 : 1·8, in New-York 1 : 1 und 1 : 3, in Rom 1 : 1 u. s. w.). Die Höhe, welche von der Gesteinshärte und Verkehrslast abhängig zu machen und bei weicheren Steinen ihrer schnelleren Abnutzung wegen größer zu nehmen ist als bei härteren, schwankt zwischen 10 *cm* (Berlin, Granitsteine vierter Classe) und 26 *cm* (Marseille, Sandsteine).

Dietrich empfiehlt (S. 61) als Mittelmaß für die härtesten Steine (Druckfestigkeit pro Quadratcentimeter größer als 1200 *kg*) eine Breite von 10 *cm*, eine Länge von 22·5 *cm* und eine Höhe von 15 *cm*, für mittelharte Steine (Druckfestigkeit pro Quadratcentimeter 800 bis 1000 *kg*) 10 × 22·5 × 20 *cm*, für weichere, aber gleichmäßige Steine (Druckfestigkeit pro Quadratcentimeter unter 800 *kg*) 12 × 25 × 20 *cm* oder, sofern dies billiger ist, Würfel von 18 *cm* Seite.

In Straßen mit größerem Längengefälle und auf den Haltestellen der Pferdeeisenbahnen werden die größeren Pflastersteine zweckmäßig an ihren Kopfflächen mit Rillen versehen, um den Pferden das Anziehen zu erleichtern und sie gegen Ausgleiten möglichst zu schützen.

Gepflasterte Trottoirs werden am besten aus kleineren, aus den Abfällen der größeren Pflastersteine gewonnenen, rechteckigen oder vieleckigen Steinen von 5 bis 10 *cm* Seite oder aus einfarbigen oder verschieden gefärbten, scharfkantig gespaltenen, nicht verjüngten Steinchen (Mosaiksteinen) mit verschieden gestalteten Kopfflächen von 2 bis 6 *cm* Seite hergestellt, die, wenn bunt, häufig zu wirkungsvollen Mustern zusammengestellt und gewöhnlich in Cementsand verlegt werden. (Vgl. § 46).

Nach dem Grade der Bearbeitung theilt man die Pflastersteine meistens in mehrere Classen ein. Diese Classification ist in den einzelnen Großstädten eine verschiedene; wir wollen uns daher damit begnügen, aus den von der Stadtbauverwaltung zu Berlin gestellten „Bedingungen für Lieferung der Pflastersteine I., II. und III. Classe" das hierauf Bezügliche mitzutheilen.

Die Pflastersteine I. Classe müssen regelmäßig voll und scharfkantig bearbeitet und an allen Seiten mit ebenen rechtwinkeligen Flächen und geraden Kanten versehen sein, sowie in ihrer ganzen Höhe dicht aneinander anschließen.

Die Fugen des mit Steinen I. Classe herzustellenden Pflasters sollen in keinem Falle stärker sein als 1 *cm* und es dürfen deshalb die zulässigen Abweichungen nirgends mehr als $1/_2$ *cm* betragen. Auch die Abweichung des von zwei aneinanderstehenden Kanten gebildeten Winkels vom rechten Winkel darf nicht größer sein, als daß sie an der gegenüber-

liegenden Seite höchstens $^1/_2$ *cm* beträgt. Die Fußfläche muß parallel zur Kopffläche laufen.

Die Steine der II. Classe müssen in der Kopffläche ebenfalls möglichst regelmäßig, aber voll und scharfkantig bearbeitet und die Kanten der Kopffläche möglichst gerade und rechtwinkelig zu einander gerichtet sein. Die Fuß- (Setz-) Fläche muß der Kopffläche parallel sein und mindestens $^4/_5$ der letzteren betragen; die Verjüngung nach der Fußfläche zu darf an keiner Seite mehr als 1 *cm* betragen, braucht jedoch nicht an allen Seiten dieselbe zu sein. Die Fugen des mit Steinen II. Classe hergestellten Pflasters sollen ebenfalls niemals stärker sein als 1 *cm* und es dürfen daher die gleichmäßigen Abweichungen von der regelmäßigen Form der Kopfflächen in keiner Richtung mehr als $^1/_2$ *cm* betragen.

Die Steine der III. Classe müssen in der Kopffläche ebenfalls regelmäßig, voll und scharfkantig, und die Kanten der Kopffläche möglichst rechtwinkelig zu einander gerichtet sein. Die Fuß- (Setz-) Fläche soll mindestens $^2/_3$ der Kopffläche betragen und mit letzterer parallel laufen. Die Verjüngung nach der Fußfläche zu braucht nicht an allen Seiten dieselbe zu sein, darf aber an keiner Seite mehr als 2 *cm* betragen. Sämmtliche Flächen dieser Steine brauchen nicht ganz eben, sondern nur rauh bearbeitet zu sein. Bezüglich der Fugen und der zulässigen Abweichungen von der regelmäßigen Form der Kopffläche gilt dasselbe wie bei den Steinen I. und II. Classe.

Die **Bordschwellen** (Bordsteine, Randsteine) dienen zur Einfassung des Trottoirs und sind entweder gerade oder gekrümmt. Die Bogensteine, welche an Straßenecken, runden Plätzen u. s. w. erforderlich werden, erhalten meistens einen äußeren Krümmungsradius von circa 2·0 *m*. Die Länge der Bordschwellen beträgt 90 bis 150 *cm* (auch mehr), ihre Breite

etwa 30 *cm*, ihre Höhe 15 bis 30 *cm*. Die geraden Bordschwellen müssen möglichst parallelepipedisch gestaltet und ihrer ganzen Länge nach vollkantig sein. Die Kopffläche der Bordsteine wird gewöhnlich mit dem Stockhammer vollkommen eben bearbeitet, ebenso die nach der Verlegung sichtbare Seitenfläche. Letztere muß auf der Kopffläche, deren Vorderkante je nach der Steinhöhe in einer Breite von 1·5 bis 5 *cm* und unter einem Winkel von 45° abgefast (abgeschliffen) wird, rechtwinklig stehen. Die nicht sichtbare Seitenfläche wird entweder im Ganzen nur rauh gespitzt (bossirt) oder in einer Breite von 1·0 *cm* von der Kopffläche abwärts rechtwinklig zur letzteren und rein und scharfkantig bearbeitet, jedoch im Uebrigen rauh gelassen. Die Endflächen müssen senkrecht zu den Kanten und vollkommen eben und rein bearbeitet werden, damit eine Verlegung der Steine ohne Nacharbeiten möglich ist und ein dichter Fugenschluß erzielt wird. In Wien soll jede der beiden Stirnflächen der Randsteine einen zur Verbindung der Steine untereinander erforderlichen, dreieckförmigen, in der ganzen Steindicke rein bearbeiteten Fugenschnitt von 5 *cm* Länge, rücksichtlich Tiefe besitzen. Die Fußfläche soll möglichst parallel mit der Kopffläche laufen und eben und lagerhaft sein.

§. 45. Die Herstellung des Beschotterungsmaterials.

Aus dem zur Gewinnung von Pflastersteinen nicht geeigneten Steinmateriale, aus kleineren Steinstücken, verbrauchten Pflastersteinen und Steinabfall wird Schotter für Chausseen und Kies für Unterbettungen sowie für Fuß- und *Reitwege hergestellt.*

Das Zerkleinern der Steine geschieht entweder durch die Hand des Steinklopfers mit Hilfe kleiner, nur 1 bis 2 *kg* schwerer, eiförmiger Hämmer an langen elastischen Stielen oder besser, weil billiger, durch Steinbrechmaschinen mit Hand-, Riemen- oder Dampfbetrieb. Von den letzteren haben sich die nach dem System Blake construirten (mit um Horizontalachsen drehbaren Brechbacken) am besten bewährt. Solche Steinbrechmaschinen bauen in Deutschland: Die Georg-Marienhütte bei Osnabrück, die Maschinenbauactiengesellschaft „Humboldt" in Kalk bei Köln a. Rh., H. Gruson in Buckau-Magdeburg, Brinck & Hübner in Mannheim u. A., in England: H. R. Marsden, Soho Foundry, Meadow Lane, Leeds u. A.

Die in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten, z. B. von Avery, Archer, Hall und Marsden gemachten Verbesserungen, um die Blake'schen Steinbrechmaschinen auch zur Gewinnung eines regelmäßigen, würfelförmigen Schotters geeignet zu machen, haben die alten Constructionen bisher nicht zu verdrängen vermocht, dagegen haben sich die doppeltwirkenden Steinbrechmaschinen nach dem System Blake (mit zwei beweglichen Brechbacken) sehr gut bewährt, denn sie brechen bei einer Betriebskraft von 3½ Pferdekräften in einer Stunde je nach der Beschaffenheit des Gesteinsmateriales 2·5 bis 4 m^3*).

Die Steinbrechmaschinen der Maschinenbauactiengesellschaft „Humboldt", welche nur eine einzige Vorrichtung zum Brechen der Materialien besitzen, werden in 10 Größen geliefert. Die für Hand- und Riemenbetrieb eingerichteten Maschinen, deren Brechmaul eine Länge von 10 bis 16 *cm*

---

*) *Eine solche Steinbrechmaschine kann von Jakob & Becker in Leipzig bezogen werden.*

und eine Breite von 5 bis 8 *cm* hat, brechen pro Stunde bei einer Spaltweite von 25 *mm* 50 bis 75 *kg* Gesteinsmaterial, bei doppelter Spaltweite das Doppelte. Die für Riemenbetrieb bestimmten Maschinen mit 20 bis 80 *cm* langem und 10 bis 50 *cm* breitem Brechmaul liefern bei einer Spaltweite von 25 *mm* pro Stunde 1000 bis 8000 *kg* gebrochenes Material, die für Dampfbetrieb eingerichteten und mit einem 32 bis 50 *cm* langen und 20 bis 32 *cm* breiten Brechmaul versehenen bei derselben Spaltweite 2000 bis 5000 *kg*. Die Zahl der Umdrehungen pro Minute beträgt bei den kleineren Steinbrechmaschinen mit Handbetrieb 60, bei den anderen 200. Für sehr harte Gesteinsmaterialien hat sich eine schnellere Umdrehung vortheilhafter erwiesen als eine langsamere; daher werden auf einigen Steinbrüchen auch Steinbrecher benutzt welche pro Minute 300 Touren machen. Zum Betriebe der Maschinen ist je nach der Größe derselben eine Kraft von 0·2 bis 20 Pferdekräften erforderlich*).

Das Material, welches zur Herstellung von Schotterbahnen dienen soll, muß eine Größe von 3 bis 7·5 *cm* erhalten. Der für Pflasterungen, Eisenbahnen u. s. w. bestimmte Bettungskies wird 0·6 bis 2·5 *cm*, der feinere Kies für Fuß- und Reitwege u. s. w. 2 bis 5 *mm* groß gebrochen.

Das zerkleinerte Material wird durch schrägstehende, bei Benutzung von Steinbrechmaschinen mit diesen verbundene und in Umdrehung versetzte Siebe geworfen, um es von allen Splittern und erdigen Bestandtheilen zu säubern und nach verschiedenen Größen zu sortiren.

Die Trommelsiebe auf den Steinbrüchen zu Quenast bei Brüssel bestehen aus 3 Theilen; sie haben eine gesammte

*) Ausführliches über die Steinbrechmaschinen findet man in des Verfassers „Handbuch des gesammten Straßenbaues“ (Jena 1881), S. 139–160.

Länge von 12 bis 13·5 *m* und einen Durchmesser von 1·2 *m*, machen pro Minute circa 15 Umdrehungen und sind unter einem Winkel von etwa 7 bis 10 Grad zum Horizont geneigt.

Der unterste Theil dieser aus Stahlblech gefertigten Siebe, durch welchen der Schotter fällt, hat runde Oeffnungen von 6 *cm* Durchmesser, der mittlere, für die Gewinnung des Bettungskies bestimmte, rechteckige Schlitze von 19 *cm* Länge (in Richtung der Cylinderachse) und 2·2 *cm* Breite, der oberste, welcher den feinen Kies durchfallen läßt, 0·5 *cm* weite, runde Löcher. Der feine Kies wird noch durch drei concentrisch angeordnete Drahtsiebe auf 0·4 *cm* und 0·2 *cm* Feinheit ausgesiebt. Die Herstellung von 1 m^3 Schotter, Bettung und Kies zusammengenommen, verursacht auf diesen Steinbrüchen einen Selbstkostenpreis von 1·68 Mark.

(Vergleicheshalber sei hier erwähnt, daß sich die Kosten der Handarbeit beispielsweise beim Kleinschlagen von Basalt je nach der Härte desselben auf 2·80 bis 4·50 Mark pro Kubikmeter Rohmaterial belaufen.)

Zum Sortiren des zerkleinerten Materiales wird auch hier und da die Augustin'sche Kiessortirungsmaschine benutzt, die aus zwei, unter einem Winkel von 40° zu einander geneigten, aus eisernen Stäben gebildeten Sieben mit verschiedener Maschenweite besteht. Aus dem Trichter gelangt das Material auf das obere, unter einem Winkel von 20 bis 30° zum Horizont geneigte Sieb, von welchem der Schotter abfällt, während der Bettungskies und feinere Kies auf das zweite, entgegengesetzt gerichtete Sieb fallen, von welchem der Bettungskies abläuft, während der feinere Kies durchfällt. Die rüttelnde Bewegung der Siebe wird durch eine Welle mit Daumen und durch eine Kurbel bewirkt.*)

---

*) Siehe „Handbuch des gesammten Straßenbaues", S. 138.

§ 46. Die Bearbeitung der Platten und die Herstellung des Terrazzo.

Die Platten werden durch „Spalten", d. h. durch Abtreiben senkrecht zur natürlichen Lagerfläche des Gesteins und durch „Reißen", d. h. durch Abkeilen parallel zur Lagerfläche, vom Felsen abgelöst oder aus abgesprengten größeren Steinblöcken durch Keile oder Sägen gewonnen.

Die Art der Bearbeitung ist abhängig von der beabsichtigten Verwendung der Platten.

Trottoir-, Flur- und Podestplatten werden an ihren Kopfflächen meistens mit dem Stockhammern grobgestockt oder auch nur mit dem Spitzeisen bearbeitet; letzteres ist namentlich bei den Platten aus Granit und ähnlichen harten Gesteinen üblich. Die Kanten der Trottoir- u. s. w. Platten werden stets vollkommen geradlinig und aufeinander rechtwinklig stehend hergestellt. Die unteren Flächen müssen mit den Kopfflächen möglichst parallel laufen und lagerhaft sein, und es müssen die Seitenflächen in einer Breite von mindestens 1·0 *cm* von den Kanten der Kopffläche abwärts mit letzterer rechte Winkel bilden und in dieser Breite ebenfalls mit dem Stockhammer vollkommen rein bearbeitet sein, um zwischen zwei Platten nur eine schmale, etwa 1 bis 1·5 *cm* breite Fuge zu erhalten.

Um das Gewicht der Platten zu vermindern und dadurch den Transport leichter und billiger zu gestalten, werden die Platten nicht selten soweit „unterschlagen", daß ihre Ränder scharfkantig auslaufen. Da jedoch solche Platten auf dem Transporte, beim Verlegen und Unterstopfen sehr häufig an ihren Kanten beschädigt werden, so empfiehlt es sich, nur *Platten anzukaufen,* welche eine Kantenstärke von einigen *Centimetern besitzen.*

Länge von 12 bis 13·5 *m* und einen Durchmesser von 1·2 *m*, machen pro Minute circa 15 Umdrehungen und sind unter einem Winkel von etwa 7 bis 10 Grad zum Horizont geneigt.

Der unterste Theil dieser aus Stahlblech gefertigten Siebe, durch welchen der Schotter fällt, hat runde Oeffnungen von 6 *cm* Durchmesser, der mittlere, für die Gewinnung des Bettungskies bestimmte, rechteckige Schlitze von 19 *cm* Länge (in Richtung der Cylinderachse) und 2·2 *cm* Breite, der oberste, welcher den feinen Kies durchfallen läßt, 0·5 *cm* weite, runde Löcher. Der feine Kies wird noch durch drei concentrisch angeordnete Drahtsiebe auf 0·4 *cm* und 0·2 *cm* Feinheit ausgesiebt. Die Herstellung von 1 m^3 Schotter, Bettung und Kies zusammengenommen, verursacht auf diesen Steinbrüchen einen Selbstkostenpreis von 1·68 Mark.

(Vergleicheshalber sei hier erwähnt, daß sich die Kosten der Handarbeit beispielsweise beim Kleinschlagen von Basalt je nach der Härte desselben auf 2·80 bis 4·50 Mark pro Kubikmeter Rohmaterial belaufen.)

Zum Sortiren des zerkleinerten Materiales wird auch hier und da die Augustin'sche Kiessortirungsmaschine benutzt, die aus zwei, unter einem Winkel von 40° zu einander geneigten, aus eisernen Stäben gebildeten Sieben mit verschiedener Maschenweite besteht. Aus dem Trichter gelangt das Material auf das obere, unter einem Winkel von 20 bis 30° zum Horizont geneigte Sieb, von welchem der Schotter abfällt, während der Bettungskies und feinere Kies auf das zweite, entgegengesetzt gerichtete Sieb fallen, von welchem der Bettungskies abläuft, während der feinere Kies durchfällt. Die rüttelnde Bewegung der Siebe wird durch eine Welle mit Daumen und durch eine Kurbel bewirkt.*)

---

*) Siehe „Handbuch des gesammten Straßenbaues", S. 138.

§ 46. Die Bearbeitung der Platten und die Herstellung des Terrazzo.

Die Platten werden durch „Spalten", d. h. durch Abtreiben senkrecht zur natürlichen Lagerfläche des Gesteins und durch „Reißen", d. h. durch Abkeilen parallel zur Lagerfläche, vom Felsen abgelöst oder aus abgesprengten größeren Steinblöcken durch Keile oder Sägen gewonnen.

Die Art der Bearbeitung ist abhängig von der beabsichtigten Verwendung der Platten.

Trottoir-, Flur- und Podestplatten werden an ihren Kopfflächen meistens mit dem Stockhammern grobgestockt oder auch nur mit dem Spitzeisen bearbeitet; letzteres ist namentlich bei den Platten aus Granit und ähnlichen harten Gesteinen üblich. Die Kanten der Trottoir- u. s. w. Platten werden stets vollkommen geradlinig und aufeinander rechtwinklig stehend hergestellt. Die unteren Flächen müssen mit den Kopfflächen möglichst parallel laufen und lagerhaft sein, und es müssen die Seitenflächen in einer Breite von mindestens 1·0 *cm* von den Kanten der Kopffläche abwärts mit letzterer rechte Winkel bilden und in dieser Breite ebenfalls mit dem Stockhammer vollkommen rein bearbeitet sein, um zwischen zwei Platten nur eine schmale, etwa 1 bis 1·5 *cm* breite Fuge zu erhalten.

Um das Gewicht der Platten zu vermindern und dadurch den Transport leichter und billiger zu gestalten, werden die Platten nicht selten soweit „unterschlagen", daß ihre Ränder scharfkantig auslaufen. Da jedoch solche Platten auf dem Transporte, beim Verlegen und Unterstopfen sehr häufig an ihren Kanten beschädigt werden, so empfiehlt es sich, nur Platten *anzukaufen, welche* eine Kantenstärke von einigen *Centimetern besitzen.*

Nachdem die Platten auf sorgfältig festgestampfter, meist 15 *cm* hoher Sandbettung verlegt, gut unterstopft und mit hölzernen Rammen abgerammt sind, müssen sie oft noch nachgearbeitet werden, weil die nebeneinanderliegenden Platten eine ebene Fläche bilden sollen.

Die Platten für Trottoirs und für Fußböden im Innern der Gebäude werden aus Granit, Plattenbasalt, Schiefer, Sand- und Kalksteinen, aus Marmor u. s. w. hergestellt. Die Platten aus Granit und ähnlichen Gesteinsarten sind theuer, hart im Begehen und ihrer großen Glätte wegen auf steileren Straßen nicht anwendbar, dagegen sind sie leicht reinzuhalten, auch trocknen sie schnell ab und besitzen eine große Dauerhaftigkeit. Die Platten aus Sandsteinen und anderen weicheren Steinen sind billig, rauh und daher auch für steilere Straßen geeignet, werden aber leicht ausgetreten und trocknen dann langsam, weil das Niederschlagswasser in ihren Vertiefungen stehen bleibt. Nicht geeignet für Fußbodenbeläge sind Sandsteine, welche vielfach von Eisenerzadern durchsetzt sind, weil sich die Steinpartien eher abnutzen als die Eisentheile und letztere deshalb bald vorstehen; auch nicht Sandsteine mit Nestern von Schwefelkies, weil solche Platten in feuchter Luft keine große Dauer haben. Für Trottoirpflasterungen — also im Freien — eignen sich ihrer großen Haltbarkeit wegen die Weser- (Sollinger-, Carlshafener-) Sandsteine mit grobem Korn, für elegante Ausführungen in Kirchen, öffentlichen Gebäuden u. s. w. die sehr dichten und feinkörnigen Jurakalksteine aus den Brüchen von Solnhofen in Bayern u. s. w. Letztere dürfen zu Trottoiren nicht verwendet werden, weil sie nicht frostbeständig sind.

Schieferplatten werden meistens im Verein mit Sandstein- oder Marmorplatten und seltener allein für sich verlegt.

Sie haben den Nachtheil, durch Stoßen mit harten Gegenständen leicht verschrammt zu werden und dann hellere, nicht gut aussehende Stellen zu erhalten, die jedoch durch Waschen wieder beseitigt werden können.

Da Sandsteinplatten selbst nach längerem Gebrauche noch eine gewisse Rauhigkeit an ihrer Oberfläche behalten, so können sie auch scharrirt werden. Granit-, Basalt- u. s. w. Platten, die längere Zeit dem Verkehre gedient, müssen oft nachträglich mit dem Spitzeisen aufgerauht werden, um ihre gefährliche Glätte zu vermindern.

Die Trottoirplatten aus Granit erhalten meistens eine Stärke von 7·5 bis 15 *cm* (auch mehr) und bei quadratischer Form eine Länge und Breite von 30 bis 70 *cm*. Rechteckig geformten Platten giebt man gewöhnlich eine Länge von 80 bis 125 *cm* und eine der Trottoirbreite entsprechende Breite von 100 bis 200 *cm*. Sandsteinplatten werden in der Regel in Stärken von 2 bis 6 *cm* und in Größen von 25 bis 60 *cm* und darüber auf Lager vorräthig gehalten. Marmor- und Schieferplatten sind bei quadratischer Form mit Seitenlängen von 20 bis 31·5 *cm* gängig; beliebt ist das Format von 26 zu 26 *cm*. Die Wesersandsteinplatten besitzen eine quadratische Form mit Seitenlängen von 20 bis 65 *cm* oder eine rechteckige Form von 29 zu 58 und 58 zu 72·5 *cm*. Die Solnhofer-Kalksteinplatten werden in quadratischer Form geliefert, und zwar für Trottoire mit 22 bis 58·4 *cm* Seite, für Malztennen mit 34, 37 und 40 *cm* Seite.*)

Nicht selten verwendet man für Fußbodenbeläge in Perrons, Vestibulen, Hausfluren, Küchen, Kellern u. s. w. kleinere Platten von 10 zu 10 bis 18 zu 18 *cm* Seiten-

*) Handbuch der Baukunde, I. Abtheilung, I. Band 1885 S. 13.

länge und je nach der Gesteinsart von 2 bis 9 *cm* Stärke, auch sechs- und achteckige Platten.

Platten mit quadratischer Form werden entweder parallel mit den Wänden oder Bordschwellen gelegt, was am billigsten und bequemsten ist, oder diagonal. Bei Herstellung diagonaler Reihen hat man spitze Winkel ganz zu vermeiden und Abstumpfungen vorzunehmen; daher sind die Platten, welche längs den Wänden oder Bordschwellen verlegt werden sollen, besonders anzufertigen.

Um die Wirkung zu erhöhen, werden die Beläge meistens in zwei Farben ausgeführt. Werden die Platten mit Berücksichtigung ihrer Farbe geschliffen und zu verschieden gestalteten Mustern zusammengestellt, so läßt sich — besonders mit Marmorplatten — ein sehr hübscher Effect erzielen. Ein Poliren der Platten ist nicht rathsam, weil dadurch der Fußboden eine zu große Glätte erhalten würde. Nur Marmorplatten werden oft geschliffen und polirt, um eine noch schönere Farbenwirkung zu erzielen. Zum Schleifen und Poliren der Platten eignen sich ganz besonders die im § 38 näher beschriebenen Offenbacher'schen Maschinen und Apparate.

Recht wirkungsvoll und dabei verhältnißmäßig billig ist der sogenannte **Terrazo** oder venetianische Estrich, welcher sich nicht nur zu Fußböden im Inneren von Gebäuden, sondern auch zu Trottoiranlagen eignet und wegen seiner Sauberkeit und Eleganz recht empfehlenswerth erscheint, umsomehr als er wenig Kälte besitzt und selbst bei größter Hitze und Trockenheit nicht rissig wird. Dieser Estrich, der außer in den italienischen Städten namentlich in Wien vielfach hergestellt wird, läßt sich auf verschiedene Weise ausführen. Am häufigsten wird folgendes Verfahren angewendet.*)

*) Siehe Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbauconstructionen, *I. Theil, Seite 311* und 312.

Kleine Marmorstücke (von Erbsen- bis Taubenei-Größe) von verschiedener Farbe und von möglichst gleicher und nicht zu geringer Härte werden mittelst einer Steinwalze in eine 2 bis 4 *cm* starke, aus $3^1/_2$ Theilen Ziegelmehl und 1 Theil gelöschten Kalk, oder auch und namentlich bei feuchtem Untergrunde aus bestem hydraulischem Kalkmörtel mit Zusatz von Ziegelmehl bestehende, noch frische Schicht eingewalzt und mit einem knieförmigen Schlägel festgeklopft. Diese Schicht ruht auf einer aus Kalkmörtel und Ziegelbrocken hergestellten, gut geebneten und getrockneten Decke von 5 bis 10 *cm* Stärke. Nach 10 bis 20 Tagen wird hierauf der Terrazzoboden mit einem, von einem Rahmen klotzförmig umfaßten gröberen Sandstein, hierauf mit feinkörnigerem Sandstein und zuletzt mit Bimsstein geschliffen und polirt, wobei von Zeit zu Zeit der Schliff abgewaschen werden muß. Nach dem Schleifen und Poliren wird der Boden mit einer beliebigen, flüssigen Farbe bestrichen und von neuem mit Hilfe einer Polirkelle glänzend gemacht; endlich wird er ein oder zweimal mit sehr heißem Leinöl getränkt, worauf man auf ihm leicht eine glänzende Politur erzeugen kann. Der Leinölüberzug ist alljährlich mehreremale zu wiederholen, um ein „Stumpfwerden" des Fußbodens zu verhüten.

Werden die Marmorstückchen nach einem bestimmten farbigen Muster einzeln in die Schicht eingesetzt, so erhält man den sogenannten Mosaik-Terrazzo.

Steinplatten, welche zur Verkleidung von Bruch- und Ziegelmauerwerk (besonders Sockelmauerwerk) dienen, um diesen Mauern ein besseres Ansehen zu geben oder um sie gegen die Witterungseinflüsse zu schützen, erhalten meistens eine Stärke von 12 bis 15 *cm* und werden an ihrer *sichtbaren Fläche gespitzt*, gestockt, scharrirt, auch wohl *geschliffen und polirt*, während man die Rückseite nur rauh

bossirt und die Seitenflächen des dichten Fugenschlusses wegen vollkommen eben und rein bearbeitet und die Kanten rechtwinkelig herstellt. Ueber das Schleifen und Poliren solcher Platten haben wir bereits im § 38, über das Versetzen derselben auf ihr Bruchlager beziehungsweise auf ihr Haupt im § 36 Näheres mitgetheilt.

Platten zu Wandbekleidungen im Inneren der Gebäude werden in gleicher Weise bearbeitet und an ihrer sichtbaren Fläche meistens geschliffen und polirt; ihre Stärke beträgt in der Regel nur wenige Centimeter. Kleinere Platten werden mittelst eines mit Gyps stark vermengten Kalkputzes auf die Wand befestigt; größere versieht man auf ihrer Rückseite mit Steinschrauben, welche in das Mauerwerk eingelassen und durch Gyps befestigt werden. In Frankreich werden auch die Wandplatten in ein hölzernes Panelwerk eingefügt. Kostbare Marmorsteine zerschneidet man in ganz dünne Tafeln, welche auf billige Marmorplatten mittelst Gyps oder Kitt festgeklebt werden.

Die lithographischen Steine (z. B. Solnhofer Kalksteinplatten) müssen eine vollkommen ebene Oberfläche durch Schleifen mit Bimsstein erhalten. Bei Anwendung der Gravirmethode wird der Stein mit Oxalsäurepulver glänzend polirt; soll jedoch die sogenannte Kreidemanier ausgeführt werden, so wird der mit Bimsstein geschliffene Stein zuerst mit Quarzsand, dann mit gleichmäßig gekörntem Glaspulver unter Zuführung von Wasser so lange bearbeitet, bis die Lupe ein gleichmäßiges Korn zeigt. (Vgl. § 49).

---

§ 47. Die Herstellung der Schieferplatten.**)

Die Blöcke, aus denen sich Schiefertafeln gewinnen lassen, werden meistens in einer Höhe und Breite von 20 bis 30 *cm* und in einer Länge von 100 bis 200 *cm* gebrochen. Die abgelösten Schieferblöcke werden mit Hilfe von Meißel und Hammer in allen vier Ecken rechtwinkelig bearbeitet und so zubehauen, daß aus ihnen Platten in der gewünschten Länge und Breite gewonnen werden können. Das Spalten der Blöcke erfolgt entweder sofort, während sie noch bruchfeucht sind, oder erst nach einiger Zeit, während welcher sie an geschützten Orten getrocknet werden, je nachdem sie im feuchten oder im trockenen Zustande leichter zu spalten sind. Um sich die Arbeit des Spaltens möglichst zu erleichtern, wird der Stein so aufgestellt, daß seine Spaltungsflächen fast senkrecht stehen und mit ihrer schmäleren Seite horizontal liegen; bei größeren Steinen ist es jedoch vortheilhafter, wenn die längere Seite ihrer Spaltungsflächen eine horizontale Lage erhält.

Das Spalten geschieht mit Hilfe eines sehr dünnen, etwas biegsamen, schmalen bis etwa handbreiten, in einen quadratischen Stiel nach oben übergehenden Meißels mit abgerundeter Schneide, dessen Länge gleich der Länge des Spaltstückes, also gleich der Blocklänge gewählt werden muß. Dieses Spalteisen wird bei kleinen Steinen in die Mitte der Breitseite desselben einmal, bei größeren nach und nach an mehrere Stellen, bei sehr großen nach und nach auf alle vier Seiten und in einem gewissen Abstande von der Endfläche angesetzt und mit einem Holzschlägel oder Eisenhammer auf etwa 1 bis 3 *cm* Tiefe vorsichtig und so eingetrieben, daß seine

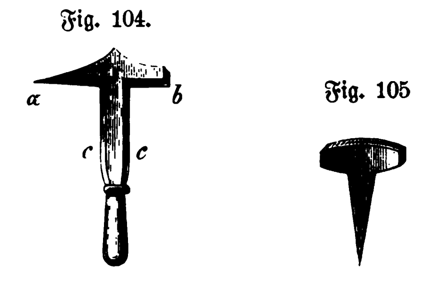
**) Siehe Karmarsch' und Heeren's technisches Wörterbuch, *III. Auflage*, Band VII, Seite 395 und 396.

Seitenflächen parallel zu den Spaltungsflächen liegen. Das Weiterdringen des Spalteisens wird hierauf vorsichtig entweder durch Druck der Hand oder durch schwache Hammerschläge bewirkt und eine Abtrennung der Tafel durch Hin- und Herneigen des Spalteisens versucht.

Große und dicke Platten (z. B. für Billardtische) werden auch häufig mittelst Kreissägen, deren Blätter eine größere Stärke besitzen und am Umfange etwas dicker sind als in der Mitte, zerschnitten und dann mit dem Spitzhammer in kleinere zertheilt.

Die Schiefertafeln werden mit Hilfe des Schieferhammers

Fig. 104. Fig. 105



in regelmäßige Formen gebracht und dann glatt geschabt. Dieser Hammer, auch Haumesser genannt, besitzt, wie aus Figur 104 ersichtlich, eine Spitze a, mit der die Löcher für die Schiefernägel hergestellt werden, ferner am entgegengesetzten Ende eine Fläche b, die zum Hämmern dient, endlich am Schaft scharfe Kanten c c, mit welchen das Behauen der Platten erfolgt. Letzteres geschieht auf einem schwach gebogenen Eisen — Ambos, Haueisen, Dachbrücke genannt — welches mit einem Dorn zur Befestigung versehen ist (Figur 105). Große Platten von stärkerer Dicke werden auch auf *Hobelmaschinen* zugerichtet, welche gleichzeitig mit mehreren *Schneidestählen* arbeiten.

Die zu Dacheindeckungen Verwendung findenden, sehr dünnen Tafeln erhalten eine rechteckige, quadratische, auch fünf-, sechs- und achteckige Form, welche durch blecherne Schablonen auf die Tafeln vorgerissen und dann gewöhnlich mit einer starken, an einem Holzklotze befestigten, mit einem langen Hebelarme versehenen und einer Blechscheere ähnelnden Schieferscheere ausgeschnitten wird. (Das Beschneiden der dünnen Tafeln ist, weil man schärfere Kanten erhält, der Bearbeitung mittelst Schieferhammer vorzuziehen.)

Den deutschen Schiefertafeln giebt man eine Länge von 25 bis 61 *cm* und eine Breite von 13 bis 36 *cm*; die englischen sind 25 bis 66 *cm* lang und 10 bis 41 *cm* breit. Die französischen blauen und grünen Tafeln erhalten eine Länge von 26 bis 60 *cm* und eine Breite von 18 bis 36 *cm*; die französischen rothen und violettrothen Tafeln sind 33 bis 60 *cm* lang und 18 bis 30 *cm* breit. Die fünfeckigen Schablonenschiefer werden 39 bis 58 *cm* hoch und 34 bis 47 *cm* breit und die sechseckigen 25 bis 42 *cm* hoch und 16 bis 17 *cm* breit hergestellt. Um die Wirkung der Schablonenschiefer zu erhöhen, überzieht man dieselben auch mit Staniol u. s. w.

Je kleiner die Platten, desto theurer das Dach wegen der größeren Arbeit und des größeren Bedarfes an Schiefernägeln.

Gewöhnlich erhält jede Schiefertafel zwei Löcher für die zu ihrer Befestigung erforderlichen Nägel (verzinkte, verzinnte oder verbleite Eisennägel oder englische Compositionsnägel aus Kupfer und Zink). Die durch das Aussplittern entstehende trichterförmige Erweiterung der Löcher soll bei der verlegten Tafel sich auf ihrer oberen Seite, dagegen die der sogenannten *Bußnagellöcher der Schlußsteine* auf der Unterseite der Tafeln *befinden.*

Die Schiefertafeln werden gewöhnlich mit ihrer reinsten Seite nach oben verlegt. Zum Eindecken der Grate werden mit Vortheil sogenannte Patentschiefer verwendet, die an den Enden gefalzt sind. Zur Eindeckung des Firstes benutzt man in England besondere Stücke, welche aus einem Stabe kreisförmigen Querschnittes bestehen, in welchen zwei Nuthen für das Einkitten der die Firstfuge deckenden zwei Platten eingestoßen sind.

§ 48. Material und Herstellung der Mühlsteine.

Das Material, aus welchem Mühlsteine hergestellt werden sollen, muß poröser oder körniger Structur sein, ein sehr gleichmäßiges Korn, eine gleichmäßige Härte und eine solche Festigkeit besitzen, daß es einer schnellen Abnutzung und Zermalmung gut zu widerstehen vermag, und so beschaffen sein, daß es sich leicht bearbeiten läßt. Recht geeignet für Mühlsteine erscheint der poröse, drusige Porphyr aus dem sächsischen Erzgebirge, von Hochstadt im Fichtelgebirge und mehreren Orten des Thüringerwaldes, von Bereghszász und Tokay u. s. w. in Ungarn, von den griechischen Inseln Milo, Kimolo und Polino, ferner der Süßwasserquarz vom Walde von Montmorency, Meudon, Morly u. s. w. in Frankreich, sodann Sandsteine mit ziemlich grobem, sehr gleichmäßigem Korn und kieseligem Bindemittel, und zwar: der Keupersandstein vom Wendelstein bei Schwabach, von Tübingen und Massenricht in der Oberpfalz, der Jurasandstein vom Osterwald bei Elze, der Quadersandstein von Johnsdorf in der Oberlausitz, der Fukoiden- oder Flyschsandstein von Sonthofen, Aschau, Rohmbach bei Miesbach, der Nummulitensandstein, — ferner die Nagelflue von Weilheim in Oberbayern und Berchtesgaden und endlich der Trachyt-

tuff von Saros-Patak in Ungarn. Sehr geschätzt wegen ihrer großen Härte und Porosität sind die Mühlsteine aus der Gegend von La Ferté-sous-Jouarre im Departement Oise, welche aus einem eigenthümlich gefleckten, scharfkörnigen Süßwasserquarz bestehen, und die von Fony in Ungarn. Diese französischen und ungarischen Mühlsteine werden ganz besonders zum Zermahlen von Weizen allen anderen vorgezogen. Mühlsteine aus anderen Süßwasserquarzbildungen dienen vorzugsweise zum Feinmahlen, während solche aus Sandsteinen hauptsächlich für das Schroten benutzt werden.

Größere Steinblöcke mit einer gleichen Härte und einem gleichen Korn an allen Stellen sind selten. Mühlsteine von größerem Durchmesser würden daher, wenn man sie aus einem einzigen Steinblock herstellen wollte, wie dies früher üblich war, sehr kostspielig sein. Heutzutage fertigt man in der Regel nur kleinere Mühlsteine aus einem Stück, die größeren dagegen setzt man aus mehreren kleineren Steinen gleicher Beschaffenheit zusammen, welche sorgfältig an allen Stellen auf ihre Härte und Korngröße geprüft und für gleichmäßig befunden worden sind. Auf diese Weise vermag man selbst Mühlsteine von bedeutendem Umfange verhältnißmäßig billig herzustellen.

Das Zusammensetzen der Mühlsteine aus mehreren Stücken geschieht meistens auf folgende Weise. Zunächst wird aus einem Stein von geringerer Qualität ein Stück in Form eines regelmäßigen Achteckes hergestellt und in der Mitte durchlocht. Dieses Stück bildet das Mittelstück (Kern, Herz) des Mühlsteines, das die Achse trägt. Hierauf werden acht Bogenstücke aus den sorgfältig ausgewählten Steinstücken derart zugerichtet, daß sie gut aneinander und auch an die Seiten des Herzstückes passen und mit letzterem zusammen eine Kreisfläche bilden. Diese Bogenstücke bilden die eigentliche Mahlfläche des Mühlsteines. Sie

werden durch einen guten Steinkitt mit einander und mi
dem Kernstück fest verbunden, und es wird um das Ganze ein
Eisenreifen heiß umgelegt, der verhüten soll, daß der Mühlstein
später bei seiner Rotation berstet. Alsdann wird die Rück-
seite — also beim Oberstein die obere, beim Bodenstein die
untere Seite — durch Cement- oder Gypsverguß gut geebnet.
In die Oeffnung und den Verguß des Herzstückes wird
später der zum Heben und Senken des Steines nöthige
Apparat eingefügt. Durch den Verguß erreicht man auch noch
eine festere Verbindung der Steinstücke unter einander. Nach
der Ebnung der Rückseite wird auch die Arbeitsfläche nach
einem Richtscheit mit Hilfe geeigneter Werkzeuge (Billen
Steinhämmer) sorgfältig geebnet, und schließlich zum Schärfen
der Mühlsteine geschritten, d. h. zur Herstellung von theils
tieferen, theils feineren Furchen auf der Mahlfläche, um si
rauh zu machen.

Dieses Schärfen erfolgt meistens durch Handarbei
mit sogenannten Mühlsteinpicken, seltener benutzt man zu
dieser Arbeit Maschinen.

Von den verschiedenen in den Handel gekommene
Mühlsteinpicken erwähnen wir: die aus Stahl gefertigt
Picke von Charles Crosley in Philadelphia*), die au
einer dünnen Stahlplatte bestehende Mühlsteinpicke vo
Johann Cummings in West-Charleston (Virginien)**), de
Mühlsteinpickenhalter von J. P. Sinclair in Mottvill
(New-York). Von den Maschinen, welche gewöhnlich mi
sehr schnell rotirenden, tausend und mehr Touren pro Minut
machenden, an ihren Umfängen mit Diamanten besetzte
Schneidescheiben arbeiten, heben wir hervor: die Mühlstein

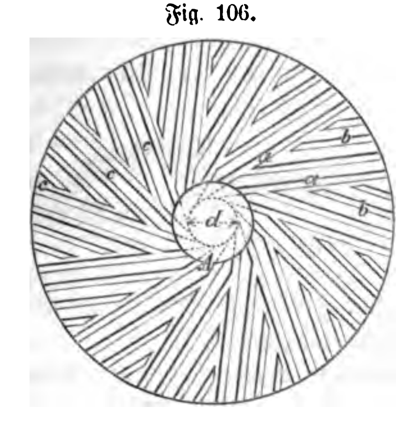
*) „Maschinenbauer“, 1871, S. 15.

**) „Maschinenbauer“, 1874, S. 60.

schärfmaschine von James Graham Walker in Edinburg*), die Diamant-Mühlsteinschärfmaschine von Huggins & Hornshall in London**), die von Fachleuten sehr empfohlene Maschine von S. Golay in Nyon (Kanton Waadt), bei welcher die Bearbeitung der Mahlfläche mittelst eines rotirenden Diamanten bewerkstelligt wird***), und die im Principe mit dieser identische Diamant-Mühlsteinschärfmaschine von J. T. Gilmore in New-York†), welche ebenfalls sehr leistungsfähig sein soll.

Die Furchen der Arbeitsflächen bewirken bei richtiger

Fig. 106.



Anlage eine entsprechende Trennung der Körner und ein allmähliches Schieben des Mahlgutes nach dem Umfange des Steines hin, woselbst es ausgeworfen wird. Diese Furchen (Steinschläge, Hauschläge, Remische u. s. w.) führen verschiedene Namen; man nennt die vom Steinauge A

*) „Maschinenbauer", 1869, S. 125.

**) „Maschinenbauer", 1871, S. 13.

***) Zeitschrift des Hannoverschen Gewerbe-Vereins 1869.

†) „Maschinenbauer", 1870, S. 212.

(Figur 106) ausgehenden und bis zum Steinumfange sich erstreckenden: Hauptfurchen (a), die vom Umfange ausgehenden mehr oder minder weit in das Innere der Mahlfläche hineinreichenden: Nebenfurchen (b). Das zwischen den Hauschlägen liegende Stück der Mahlfläche wird Balken genannt (c); es wird bei sehr rauhen Steinen nicht weiter bearbeitet, bei glatteren Steinen jedoch durch feine Rillen, sogenannte Sprengschläge, mittelst Picken aufgerauht.

Die Hauschläge — auch Luftfurchen genannt, weil sie bei der Rotation des Mühlsteines zwischen den Mahlflächen eine Bewegung der Luft hervorrufen — werden entweder in geraden Linien oder in Curven auf der Steinoberfläche hergestellt.

Fig. 107.



Die gebräuchlichste Form — besonders bei Schrotgängen — ist die geradlinige (Figur 106).

In umstehender Skizze stehen die Hauptfurchen nicht radial, sondern tangential zu einem Kreise, Zugkreise, dessen Durchmesser d = $^1/_7$ des Steindurchmessers beträgt.

Die gebräuchlichste Querschnittsform der Hauschläge ist in Figur 107 im Maßstabe $^1/_2$ der natürlichen Größe dargestellt. Die Tiefe der Furchen, von welcher die Menge des aufgenommenen Mahlgutes und die Größe der Luftströmung abhängen, soll nicht zu klein sein; man wählt sie meistens zu 9 bis 13 *mm*. Die Furchenbreite b beträgt gewöhnlich 30 bis 35 *mm*; der Winkel α muß ein stumpfer sein. Die *Rückenfläche muß* allmälich zur Mahlbahn übergehen, damit *das Mahlgut auf* dieselbe gelangen kann.

Bei zwei zusammenarbeitenden Steinen erhalten die Furchen die gleiche Lage, so daß sie sich bei der Arbeit kreuzen und ähnlich wie eine Scheere wirken. Von diesem Kreuzungswinkel sowohl als auch von der Luftströmung zwischen den beiden Mahlflächen hängt die Wirkung der Hauschläge ab. „Nehmen die Kreuzungswinkel je einer Hauptfurche des Ober- und Bodensteines gegen den Steinumfang ab, so wird das Mahlgut näher beim Läuferauge sehr gut eingezogen, aber weniger verkleinert, während gegen den Steinumfang hin gerade das Gegentheil stattfindet.

Die Schärfen mit gegen den Umfang hin zunehmenden Kreuzungswinkeln (holländische Schärfe, alte Kreisschärfe) zerkleinern besser in der Nähe des Läuferauges und werfen das Product am Steinumfange leicht aus.“ *)

Damit der Balken an allen Stellen gleichmäßig thätig sein und das Mahlgut regelmäßig fortschreiten kann, hat man die Steinoberfläche so zu gestalten, daß die Höhen der Mahlgutschichten im umgekehrten Verhältnisse stehen mit den Flächenräumen der Ringflächen. Man erreicht dies durch den sogenannten „Schluck“, d. h. durch eine um das Läuferauge hergestellte Aushöhlung mit einer am Auge größten Tiefe von circa 3·5 *mm*. **)

---

*) Siehe Karmarsch' und Heeren's technisches Wörterbuch, III. Auflage, Band VI, S. 14 und 15.

**) Ausführliches über Gestalt, Profil und Wirkungsweise der Hauschläge findet man in den Werken von F. Kick, Lehrbuch der Mehlfabrikation, II. Auflage, Leipzig 1878, und von M. Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre, II. Auflage, II. Band, Braunschweig 1876.

§ 49. Die Herstellung von Zeichnungen u. s. w. auf der Steinoberfläche mit Hilfe des Sandstrahlgebläses und des Aetzverfahrens.

Zeichnungen (Verzierungen, Inschriften, Wappen, Jahreszahlen u. s. w.) werden auf Tisch-, Kamin- und Wandplatten, auf Gewölbeschlußsteinen u. s. w. entweder mittelst Stahlnadeln eingravirt oder mit Hilfe von Meißel und Schlägel hergestellt, oder, weil diese beiden Verfahren, besonders bei sehr harten und spröden Gesteinen, recht mühevoll, zeitraubend und daher kostspielig sind, mittelst des Tilghman'schen Sandstrahlgebläses oder durch Aetzung erzeugt.

Die Benutzung der Sandstrahlgebläse empfiehlt sich nur bei Steinen von gleichmäßiger Härte und Sprödigkeit, nicht aber bei verschieden harten und verschieden spröden Gesteinen, weil bei ihnen die Verzierungen u. s. w. ungleichmäßig ausfallen. Das Verfahren besteht darin, daß feiner, scharfkantiger Quarzsand in einem dünnen Strahl ununterbrochen gegen die Steinoberfläche mit einer Geschwindigkeit von etwa 25 m geschleudert wird, wodurch kleine Theilchen des Steines abgelöst werden. Als bewegende Kraft wird ein Luftstrom oder Dampfstrahl benutzt, welcher den Quarzsand ansaugt und fortreißt oder in welchen der Sand eingeleitet wird. Da letzterer auf elastische Körper keine Wirkung auszuüben vermag, so wird die Oberfläche des zu verzierenden Steines mit elastischen Materialien — z. B. Kautschuk, Pappe, Staniol, Zinkblech u. s. w. — bedeckt, aus welchen ähnlich wie bei den Stickereischablonen die gewünschte Zeichnung ausgeschnitten ist. Besser jedoch ist es, weil die Befestigung dieser Schablonen lästig und mitunter auch schwierig ist, auf alle nicht zu verzierenden Stellen eine zähe Masse (sogenannten Deckgrund) *aufzutragen.*

Je nachdem die Zeichnung in tieferen oder in zarteren Linien hergestellt werden soll, wird der Stein längere oder kürzere Zeit den Einwirkungen des Sandstrahles ausgesetzt. In den meisten Fällen ist in 5 bis 10 Minuten die Gravirung vollendet.

Die Tilghman'schen Sandstrahlgebläse, welche in neuester Zeit wesentlich verbessert worden sind, werden in verschiedenen Constructionen in den Handel gebracht.*)

Das **Aetzverfahren** wird häufig bei Marmorsteinen, bei Kalksteinen (sogenannten lithographischen Steinen behufs Vervielfältigung von Zeichnungen), bei Perlmutter (ohne daß die geätzten Stellen an Glanz oder Farbenspiel etwas einbüßen), auch bei Gyps, Alabaster u. s. w. angewendet, und zwar meistens in folgender Weise.

Zunächst werden von der sorgfältig geebneten (geschliffenen) Oberfläche alle von der früheren Bearbeitung des Steines etwa vorhandenen fettigen Bestandtheile mit geschlämmter Kreide oder mit Aetzkalk und Weingeist entfernt. Hierauf wird die Steinfläche mit klarem Wasser abgespült und mit einem Leinwandlappen abgetrocknet und dann mit dem sogenannten Aetz- oder Deckgrund gleichmäßig und dünn überzogen. Die Zusammensetzung des letzteren ist je nach der Gesteinsart eine verschiedene. Recht empfehlenswerth für weißen (auch bunten) Marmor ist eine heiß auf den Stein aufzutragende Mischung von 6 Theilen Wachs, 2 Theilen Harz, 2 Theilen dicken venetianischen Terpentins und 1 Theil Ultramarin; statt des letzteren wird bei gefärbten Marmorarten auch 1 Theil Chromgelb genommen. Gut bewährt für mehrere Gesteinsarten hat sich eine Lösung von Asphalt oder Kolophonium in Camphin oder eine Mischung

*) Tilghman's Vertreter für Deutschland ist E. König in Chemnitz, für Oesterreich Eduard Prager in Wien.

von 3 Theilen weißem Wachs, 2 Theilen Kolophonium und 4 Theilen Asphalt. Bei Gyps verwendet man mit Vortheil einen Deckgrund aus Wachs, Terpentinöl und Bleiweiß, für Quarz und andere kieselerdigen Gesteine eine Mischung aus Mastix und Asphalt oder aus Wachs, Kolophonium und Asphalt, u. s. w.

In den getrockneten Aetzgrund wird die Zeichnung mittelst Radirnadeln und Stahlgriffeln so eingravirt, daß an diesen Stellen die Steinoberfläche vollständig blosgelegt. Um scharfe Kanten zu erhalten, umfährt man zweckmäßig die Ränder des Aetzgrundes scharf mit reinem, ölfreien, in Terpentin aufgelöstem Wachs.

Nachdem hierauf die ganze Steinfläche an ihrem Umfange mit einem erhöhten Rande von Wachs versehen worden ist, wird das Aetzwasser auf dieselbe etwa 15 *mm* hoch aufgegossen. Zum Aetzen benutzt man beim Marmor und Dolomit am besten verdünnte Salpetersäure, beim Kalkstein und Perlmutter mit Wasser stark verdünntes Scheidewasser, beim Gyps destillirtes Wasser, beim Granit, Syenit und Diorit eine concentrirte Lösung von Kieselfluorwasserstoffsäure, beim Quarz, Bergkrystall, Achat, Jaspis, Chalcedon und anderen kieselerdigen Steinen Flußsäure in wässeriger Lösung oder in Dampfform, je nachdem man die geätzten Stellen glänzend oder matt erhalten will. Um solche Steine matt zu ätzen, werden dieselben, nachdem man sie mit dem Deckgrund überzogen und die Zeichnung einradirt hat, mit einer in einem Bleigefäß gut angerührten Mischung von 1 Theil feingepulverten Flußspaths und 4 Theilen einer concentrirten oder nur wenig verdünnten Schwefelsäure übergossen und bei einer Temperatur von 40 bis 50° C. so lange erwärmt, bis die Aetzmasse getrocknet ist. Letztere läßt sich nach ihrer Trocknung mit

Wasser leicht wieder entfernen. Sollen die geätzten Stellen Glanz erhalten, so darf man den Stein nicht erhitzen.*)

In den meisten Fällen erlangt die Aetzung nach $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden die erforderliche Tiefe. Sollen einzelne Theile der Zeichnung ungleich stark geätzt werden, so ist das Aetzen durch Abgießen des Aetzwassers zu unterbrechen, sobald die zartesten Theile der Zeichnung vollendet sind. Nachdem auf letztere Deckfirniß, d. h. dickflüssiger, in Terpentin aufgelöster Deckgrund aufgetragen und trocken geworden ist, wird das Aetzwasser wieder auf den Stein gegossen und dieses Verfahren so oft wiederholt, als Abstufungen (Töne) in der Zeichnung vorkommen.

Das vorbeschriebene Verfahren, bei welchem die ganze Steinfläche mit Aetzgrund überzogen und in denselben die Zeichnung eingravirt wird, liefert vertiefte Linien. Soll die Zeichnung erhaben erscheinen, so wird sie mit Deckfirniß oder mit Camphinlösung auf die Steinfläche aufgetragen und letztere geätzt.

In der Lithographie ätzt man die ganze Steinfläche mit schwachem reinen Scheidewasser und schabt die geätzte Schicht von allen denjenigen Stellen, welche Farbe fangen sollen, mittelst Stahlnadeln ab, so daß an ihnen das natürliche Korn des Steines bloßgelegt. Hierauf wird der Stein mit Leinöl überpinselt. Da die geätzte Fläche kein Fett annimmt, so dringt das Oel nur in die freigelegten Stellen des Steines ein. Nachdem der Stein hierauf mit reinem Wasser abgewaschen worden, wird er mittelst des Tampons (Farbenpolsters) mit Farbe (fetter Druckerschwärze) überzogen. (Die Farbe bleibt nur an den geölten Stellen haften.) Nunmehr kann der Druck vorgenommen werden.

---

*) Siehe G. K. Strott, Baumaterialien, S. 36.

Nach Vollendung der Aetzung wird das Aetzwasser vo
sichtig abgegossen, die Steinfläche mit reinem Wasser al
gespült und mit einem Leinwandlappen abgetrocknet un
schließlich der Aetzgrund nach gelindem Erwärmen mit Te
pentinöl aufgelöst und abgewaschen.

---

§ 50. Das Färben, Anstreichen und Vergolden.

Das Färben von natürlichen Gesteinen empfiehlt sich n
bei solchen mit völlig gleichmäßigem Gefüge. Steine mit v
schieden dichter Structur, mit härteren und weicheren Parti
mit Einschlüssen von fremden Mineralien, mit stengelig
Absonderungen u. s. w. lassen sich nur sehr schwer oder g
nicht gleichmäßig färben. Fast ausschließlich färbt man n
hellfarbige, homogene Marmorsteine und poröse Sandstei

Sehr empfehlenswerth ist es, die Steinfläche vor d
Färben soweit fertigzustellen, daß sie nachher nur polirt
werden braucht.

Es ist nöthig, daß vor dem Schleifen alle schadhaf
Stellen der Steinoberfläche (Sprünge, Löcher) ausgekit
werden; dies geschieht bei Marmorsteinen am besten r
einem Brei von Wasserglaslösung und Kreide.

Zu den bereits im § 29 des ersten Bandes dies
Werkes mitgetheilten Recepten zum Färben von hellfarbig
Marmorsteinen fügen wir hier noch einige andere hin
die sich gut bewährt haben sollen.

Einen haltbaren, gelben Farbenton auf Marmor erh
man nach dem preisgekrönten Verfahren von Professor T
R. Weber in Berlin, wenn man neutrales, eingedampf

Eisenchlorid*) in 85- bis 90prozentigem Weingeist auflöst und die Flüssigkeit erwärmt auf den gleichfalls erwärmten Marmor mittelst Pinsel oder Spritzflasche aufträgt oder über den Stein gießt. Der Farbstoff dringt hierbei mehrere Centimeter tief in den Marmor ein. Der Grad der Erwärmung, sowie die Stärke der Lösung, nach Maßgabe des gewünschten Farbtones, sind durch die Erfahrung festzustellen. Je nach der schwächeren oder stärkeren Concentration der alkoholischen Eisensalzlösung erhält der Marmor einen mehr gelblichen oder mehr röthlichen Farbenton. Einen von der Eisenfärbung etwas abweichenden Ton erzielt man durch Zusatz einer geringen Menge von Manganchlorür. Nach der Trocknung wird der Marmor, um den Färbeproceß zu vollenden, mit Wasser benetzt oder auch nur der feuchten Luft ausgesetzt; es tritt dann im Steininneren eine Zersetzung des Eisensalzes durch den kohlensauren Kalk ein, wobei sich sehr fein vertheiltes, von den Marmorkörnchen nicht trennbares Eisenoxyd ausscheidet. Nach dem Färben wird die Fläche, falls dies nicht schon vor dem Färbeproceß geschehen sein sollte, abgeschliffen und mit angenäßtem Zeug abgerieben. War der Lösung Mangan hinzugesetzt worden, so wird der Stein am besten zuerst mit Alkohol, dem wenige Tropfen Ammoniak beigefügt, angenäßt und nach Trocknung dieser Flüssigkeit mit Wasser befeuchtet und abgerieben.**)

Durch das Weber'sche Verfahren büßt der Marmor weder an Härte noch an Politurfähigkeit etwas ein. Es ist wohl möglich, daß sich auf ähnlichem Wege auch andere Farbtöne werden herstellen lassen.

*) Eisenchlorid liefert u. A. die chemische Fabrik von E. Schering in Berlin.

**) Siehe Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen, „Deutsche Industriezeitung" 1870, S. 496.

Eine beliebige Färbung kann man nach dem Vorschlag von Fioraventi den Marmorsteinen geben, wenn man si in einem Wasserdampfe bis 120° C. erhitzt und sie darau zuerst mit Eisenvitriollösung und hierauf mit Blutlaugensalzlösung behandelt. Einen gelben Farbenton erhält man nach dem Beizen des Steines mit Alaun durch Gummigutt, einen braunen durch Asphaltlösung, einen rothen durch Drachenblut, einen violetten durch Asphalt und Drachenblut, einen grünen durch Aloësaft und Terpentin. Will man die Steinfläche härter und die Färbung haltbarer machen, so muß man schließlich auf den Stein eine Wasserglaslösung und Chlorcalcium auftragen.*)

Nach dem Patente von Ch. Morcing in Spring-Gardens (London) kann man Sandsteine dadurch härten und färben, daß man sie mit einer Lösung von Soda, Pottasche, Chlornatrium, Salpeter, Wasserglas oder dergleichen, der auch etwas Alaun und Borax, sowie salpetersaures Eisen, Zinn oder andere Metalloxyde zugesetzt werden, tränkt, dann trocknet und fast bis zur Verglasung brennt.**)

Um poröse Sandsteine schwarz zu färben, kocht man sie etwa 30 Minuten lang nach ihrer Trocknung in Steinkohlentheer, wodurch sie zugleich wasserdicht werden; auch tränkt man sie zu diesem Zweck mit einer Eisenvitriollösung, nach deren Trocknung noch ein Galläpfelauszug aufgebracht wird. Kocht man die Sandsteine in Holztheer, so erhalten sie eine grauschwarze Farbe.

Zum Schutze gegen die Einflüsse der Witterung, gegen Nässe, Fäulniß, Schwamm u. s. w., bestreicht man die natürlichen Gesteine sehr häufig mit Oelfarbe, auch mit Wasserglas, ferner mit einer Mischung von 6 Theilen Kolophonium,

*) Wieck's illustrirte Gewerbe-Zeitung, 1875, S. 7.

**) Dingler's polytechnisches Journal, Band 239, S. 496.

3 Theilen Holztheer und 4 Theilen sehr feinen Ziegelmehls, oder mit einem Asphaltlack, oder mit einer Mischung von Kautschuk, Leinöl, Terpentinöl und Kolophonium (besonders für weiche Sandsteine geeignet), mitunter auch mit Milch- und Käsefarben (z. B. Kalk- und Gypssteine).

Sehr poröse Sandsteine und Kalksteine werden, bevor man ihnen einen Oelfarbenanstrich giebt, zweckmäßig mit einer verdünnten Wasserglaslösung getränkt.

Schiefertafeln für Kamineinfassungen, Wandbekleidungen u. s. w. erhalten oft eine Marmor-Imitation mit Hilfe von Lack- oder Oelfarben.

Alabaster kann dadurch haltbar gefärbt werden, daß man das betreffende Stück auf 85 bis 100° C. erhitzt und dann bemalt, oder — bei einfachen Farbetönen — in die Farbenlösung eintaucht. Durch wiederholtes Erhitzen und Eintauchen in eine Alaunlösung wird dann die Farbe befestigt.*)

Kunstgegenstände, auch Säulencapitäle und Ornamente aus Marmor, Granit, Sandstein, Alabaster u. s. w., werden häufig ganz oder stellenweise vergoldet.

Man benutzt hierzu eine Goldchloridlösung, welche direct auf den Stein aufgetragen wird, oder ganz dünne quadratische Goldblättchen. Das Blattgold ist echt, wenn es durch Salpetersäure (Scheidewasser) nicht aufgelöst wird.

Das bei der Vergoldung mittelst Blattgold übliche Verfahren ist folgendes: Die zu vergoldenden Stellen werden mit einem dünnen, aus 2 Theilen Bleiweiß, 1 Theil Ocker, Leinölfirniß und Terpentinöl bestehenden Firniß oder mit einer dünnen Schellacklösung oder (bei Marmor) mit sehr verdünnter Salpetersäure — oder mit einem Caseïn-

---

*) Dingler's polytechnisches Journal, Band 243, S. 497

kitt u. s. w. gleichmäßig überpinselt; hierauf wird das Blattgold, ehe der Anstrich ganz trocken geworden ist, mittelst eines flachen, feinen Haarpinsels aufgelegt und mit einem Ballen aus Baumwolle leicht und gleichmäßig angedrückt. Um die Vergoldung glänzend zu machen, werden die Stellen nach dem Trocknen noch mit dem Polirstahl bearbeitet.*)

---

§ 51. Die Conservirung.**)

Um die natürlichen Steine gegen das Eindringen des Wassers in ihre Poren, gegen Staubablagerung, Moos- und Flechtenbildung soviel wie möglich zu schützen und dadurch ihre Dauerhaftigkeit zu erhöhen, werden sie geschliffen und polirt oder mit gewissen Lösungen bestrichen oder imprägnirt, wodurch ihre Poren geschlossen und auf ihren Flächen Ueberzüge erzeugt werden.

Von den vielen empfohlenen und zur Anwendung gekommenen Mitteln wollen wir hier einige der wirksamsten in Kürze anführen.

Einen recht guten Schutz gegen die Einflüsse der Witterung und gegen den Ansatz von Pflanzen erzielt man bei porösen Steinen durch einen wiederholten Anstrich mit Wasserglas; bei Steinen mit dichtem Gefüge (z. B. Marmor) ist dieses Conservirungsmittel jedoch fast ohne jede Wirkung. Man führt den ersten Anstrich am zweckmäßigsten mit circa 16gradigem Wasserglas aus und verwendet zu den folgenden Anstrichen nach und nach concentrirtere Lösungen, wobei jedoch zu

*) G. K. Strott, Baumaterialien, S. 38.

**) Vergleiche G. K. Strott, Die Baumaterialien, ihre Herstellung, Bearbeitung und Verwendung in 590 Recepten. Halle a/S. 1883. — Dingler's polytechnisches Journal.

beachten ist, daß bei einer zu häufigen Wiederholung des Anstriches und bei Verwendung von zu starken Lösungen auf der Steinoberfläche oftmals ein spröder, sich leicht abblätternder Ueberzug entsteht.

Zur Conservirung von Sandsteinen empfiehlt Ransome folgendes, ihm patentirte und z. B. am Parlamentsgebäude zu London mit Erfolg angewendete Verfahren: Die Steinflächen werden zuerst von allen lose anhaftenden Theilen gesäubert, darauf mit einer Auflösung von Natronwasserglas imprägnirt und nach dem Trocknen mit einer Auflösung von salzsaurem Kalk oder salzsaurem Baryt gewaschen, um in den Poren des Steines einen Niederschlag von unlöslichem kieselsauren Kalkbaryt herbeizuführen. Das sich bildende salzsaure Kali oder Natron wird später durch Abwaschen entfernt.

M. Lewin verwendet zur Imprägnirung der Sandsteine auf seinen Steinbrüchen „Saxonia" in Neundorf bei Pirna eine Lösung von schwefelsaurer Thonerde und hierauf eine Wasserglaslösung. Es sollen hierdurch die Sandsteine wasserundurchlässig, feuerfest und politurfähig werden. Hohen Temperaturen ausgesetzt erhalten die imprägnirten Steine eine Art Verglasung, auch lassen sie sich in mannigfacher Weise färben.

Empfohlen wird auch für Sandsteine und Marmor eine Lösung von weißem Schellack und Holzgeist. Die Lösung besteht für Sandsteine aus $1/4$ *kg* Schellack und 4 *kg* Holzgeist, für Marmor aus $1/2$ *kg* Schellack und 4 *kg* Holzgeist. Der Schellack wird in ganz kleine Stückchen zerhackt und dem Holzgeist unter Umrühren allmälich zugesetzt. Diese Mischung läßt man mehrere Tage stehen; während dieser Zeit ist ein wiederholtes Umrühren nothwendig. Die Flüssigkeit wird auf die Steinfläche gleichmäßig und so, daß nichts von ihr abfließen kann, mit Hilfe einer mit einer Brause versehenen Spritze aufgetragen.

Dent und **Brown** erhöhen die Wetterfestigkeit de Dolomite, Kalksteine, des Marmors und der Kreide durc Behandlung derselben mit **oxyalsaurer Thonerde**. Ein hie mit imprägnirter Kalkstein läßt sich in der Lithographie ve wenden; Kreide erhält die Härte des Marmors und ei glänzende Oberfläche.

Die Dauerhaftigkeit thonreicher Sandsteine erhöht ma in einfachster und wirksamster Weise durch ein, alle vier b fünf Jahre zu wiederholendes, Tränken der Steine m kochendheißem Leinöl. Dieses einfache Conservirungsmittel beispielsweise bei Trottoirplatten in Stuttgart mit Erfo angewendet worden.

Eine größere Härte, Festigkeit und Wasserundurchlässigk erhalten nach dem Verfahren von **Badon** Sandsteine u andere poröse Steine, wenn man sie bei circa 200° C. trock und dann auf etwa acht Stunden in Steinkohlentheer v circa 200° C. legt. Die Steine erhalten hierdurch eine gra schwarze, unansehnliche Farbe. Es kann daher dieses Verfahr nur da durchgeführt werden, wo auf ein schönes Ausseh der Steine kein Werth gelegt zu werden braucht, also z. B bei Fabriksgebäuden.

Auch ein etwa halbstündiges Einlegen der Steine siedenden Holztheer oder in mit Theer gelösten Asphalt verm die Dauer von Sandsteinen mit thonigem, kalkigem od mergeligem Bindemittel zu erhöhen und diese Steine wasse dicht zu machen.

Einen Schutz gegen Feuchtigkeit gewährt auch ein A strich der Bausteine mit einer Lösung von 375 *g* Seife 5 *kg* Wasser, und nach 24 Stunden weiter mit 1/4 *kg* Ala in 20 *kg* Wasser. Es entsteht dann Thonseife, welche ei ganz dünne, die Nässe abhaltende Decke auf der Steinfläc zurückläßt.

Um die Bildung von Flechten und Moosen auf Sandsteinen zu verhindern, kann man die Steinflächen mehreremale mit rohem Holzessig bestreichen. Die Reinigung der Steine von Flechten und Moosen geschieht am besten durch scharfes Bürsten mit einer starken Auflösung von Kochsalz in Wasser. (Vergleiche ferner auch § 50).

Wie aus den angeführten Vorschlägen zu ersehen ist, handelt es sich bei der Conservirung poröser Steine hauptsächlich um eine Ausfüllung der Poren mit unveränderlichen Stoffen oder um die Erzeugung eines wasserdichten Ueberzuges. Wir wollen es nicht unterlassen, noch einmal darauf hinzuweisen, daß solche Ueberzüge wegen der verschiedenen Ausdehnung bei schroffem Temperaturwechsel unter Umständen mehr Schaden als Nutzen bringen können.

Welches von den empfohlenen Mitteln man auch immer anwenden mag, stets wird dasselbe nur für eine kurze Reihe von Jahren wirksam bleiben. Man kann annehmen, daß eine Erneuerung des Anstriches, der Tränkung u. s. w. alle vier bis sechs Jahre durchaus nothwendig wird. Wenn man bei der Auswahl der Steine mit der nöthigen Sorgfalt verfährt und sich namentlich davor hütet, bereits in der Verwitterung begriffene, sogenannte „angefaulte" Steine zu verwenden, ist in den weitaus meisten Fällen eine Imprägnirung oder ein Anstrich nicht erforderlich.

---

§ 52. Das Versetzen der Bausteine.

Schwere Werkstücke, die von zwei Arbeitern nicht gehoben und fortgetragen werden können, müssen durch geeignete Hebevorrichtungen versetzt werden (vgl. § 34). Runde und stumpfwinkelige Werkstücke werden häufig mittels

des Kranztaues, rechtwinkelige Quader gewöhnlich mit Hilfe des Wolfs ([illegible] oder [illegible]) gehoben.

Eine Verwendung des Kranztaues gewährt den Vortheil, daß das Werkstück nicht weiter für den Transport vorbereitet zu werden braucht. Um den Stein, dessen Kanten man vor Beschädigungen durch Stroh oder besser durch Bretter schützt, wird das Tau, wie Figur 108 zeigt, geschlungen und festgeknüpft und an demselben der Stein mittelst einer genügend starken Bauwinde emporgezogen.

Soll der Wolf Verwendung finden, so muß der Quader

Fig. 108.



Fig. 109.

ein genügend tiefes Loch von solcher Größe erhalten, daß in dasselbe das Hebezeug gut eingreifen kann. Dieses Loch wird, damit der Stein direct auf sein natürliches Lager versetzt werden kann, auf der **Rückenfläche** (d. h. auf der der Lagerfläche gegenüberliegenden Seite) in der Schwerpunktsrichtung und sich nach unten erweiternd mittelst Meißel und Hammer hergestellt. Die Tiefe dieses konischen Loches richtet sich nach der Festigkeit und nach dem Gewichte des Werkstückes und ist um so größer zu wählen, je schwerer der Stein und je geringer sein Festigkeit.

Der **Wolf** (Figur 109) besteht aus drei, gewöhnlich aus Eisen hergestellten Platten, von denen zwei keilförmig gebildet

sind, während die dritte parallele Flächen besitzt. Die beiden keilförmigen Platten werden in das Loch so eingesetzt, daß sie mit ihren schrägen Flächen an der Lochwandung anliegen. Hierauf wird die dritte Platte zwischen die anderen getrieben, wodurch ein Festklemmen der letzteren bewirkt wird. Schließlich werden alle drei Platten durch einen Bolzen verbunden und an denselben mittelst eines Hakens das Tau oder die Kette angeschlossen.

Die Winde muß zweckmäßig auf einem festen, als Laufkrahn einzurichtenden und so hoch über dem Mauerwerk anzuordnenden Gerüste angebracht sein, daß man zu jeder Versetzungsstelle des Bauwerkes leicht gelangen und selbst die obersten Quader bequem verlegen kann.

Das genaue Einpassen des Quaders erfolgt mit Hilfe kleiner Holzkeile, welche unter die Ecken des Steines gelegt werden.

Alphabetisches Sachregister zum zweiten Band.

A. Hartleben's

Chemisch-technische Bibliothek.

In zwanglosen Bänden. — Mit vielen Illustrationen. — Jeder Band einzeln zu haben.

In eleganten Ganzleinwandbänden, pro Band 45 Kreuzer = 80 Pf. Zuschlag.

I. Band. **Die Ausbrüche, Secte und Südweine.** Vollständige Anleitung zur Bereitung des Weines im Allgemeinen, zur Herstellung aller Gattungen Ausbrüche, Secte, spanischer, französischer, italienischer, griechischer, ungarischer, afrikanischer und asiatischer Weine und Ausbruchweine, nebst einem Anhange, enthaltend die Bereitung der Strohweine, Rosinen-, Hefen-, Kunst-, Beeren- und Kernobstweine. Auf Grundlage langjähriger Erfahrungen ausführlich und leichtfaßlich geschildert von Karl Maier. Dritte, sehr vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 15 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. = 2 M. 25 Pf.

II. Band. **Der chemisch-technische Brennereileiter. Populäres Handbuch der Spiritus- und Preßhefe-Fabrikation.** Vollständige Anleitung zur Erzeugung von Spiritus und Preßhefe aus Kartoffeln, Kukuruz, Korn, Gerste, Hafer, Hirse, und Melasse; mit besonderer Berücksichtigung der neuesten Erfahrungen auf diesem Gebiete. Auf Grundlage vieljähriger Erfahrungen ausführlich und leichtfaßlich geschildert von Ed. Eidherr (früher von Alois Schönberg). Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 37 Abbild. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

III. Band. **Die Liqueur-Fabrikation.** Vollständige Anleitung zur Herstellung aller Gattungen von Liqueuren, Crêmes, Huiles, gewöhnlicher Liqueure, Aquavite, Fruchtbranntweine (Ratafias), des Rumes, Arracs, Cognacs, der Punsch-Essenzen, der gebrannten Wässer auf warmem und kaltem Wege, sowie der zur Liqueur-Fabrikation verwendeten ätherischen Oele, Tinkturen, Essenzen, aromatischen Wässer, Farbstoffe und Früchten-Essenzen. Nebst einer großen Anzahl der besten Vorschriften zur Bereitung aller Gattungen von Liqueuren, Bitter-Liqueuren, Aquaviten, Ratafia's, Punsch-Essenzen, Arrac, Rum und Cognac. Von August Gaber, geprüfter Chemiker und praktischer Destillateur. Mit 15 Abbild. Fünfte, vermehrte und verbesserte Aufl. 28 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

IV. Band. **Die Parfumerie-Fabrikation.** Vollständige Anleitung zur Darstellung aller Taschentuch-Parfums, Riechsalze, Riechpulver, Räucherwerke, aller Mittel zur Pflege der Haut, des Mundes und der Haare, der Schminken, Haarfärbemittel und aller in der Toilettekunst verwendeten Präparate, nebst einer ausführlichen Schilderung der Riechstoffe 2c. 2c. Von Dr. chem. George William Askinson, Parfumerie-Fabrikant. Dritte, sehr vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 32 Abbild. 27 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

V. Band. **Die Seifen-Fabrikation.** Handbuch für Praktiker. Enthaltend die vollständige Anleitung zur Darstellung aller Arten von Seifen im Kleinen, wie im Fabriksbetriebe mit besonderer Rücksichtnahme auf warme und kalte Verseifung und die Fabrikation von Luxus- u. medic. Seifen von Friedrich Wiltner, Seifen-Fabrikant. Mit 26 erläut. Abbild. 3. Aufl. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

VI. Band. **Die Bierbrauerei und die Malzextract-Fabrikation.** Eine Darstellung aller in d. verschied. Ländern üblichen Braumethoden z. Bereitung aller Biersorten, sowie der Fabrikation des Malzextractes und der daraus herzustellenden Producte. Von Herm. Rüdinger, techn. Brauerei-Leiter. 2. vermehrte u. verb. Aufl. Mit 33 erläut. Abbild. 31 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 30 kr. = 6 Mark.

VII. Band. **Die Zündwaaren-Fabrikation.** Anleitung zur Fabrikation von Zündhölzchen, Zündkerzchen, Cigarren-Zünder und Zündlunten, der Fabrikation der Zündwaaren mit Hilfe von amorphem Phosphor und gänzlich phosphorfreier Zündmassen, sowie der Fabrikation des Phosphors. Von Jos. Freitag. Zweite Auflage. Mit 28 erläut. Abbild. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

VIII. Band. **Die Beleuchtungsstoffe und deren Fabrikation.** Eine Darstellung aller zur Beleuchtung verwendeten Materialien thierischen und pflanzlichen Ursprungs, des Petroleums, des Stearins, der Theeröle und des Paraffins. Enthaltend die Schilderung ihrer Eigenschaften, ihrer Reinigung und praktischen Prüfung in Bezug auf ihre Reinheit und Leuchtkraft, nebst einem Anhange über die Verwerthung der flüssigen Kohlenwasserstoffe zur Lampenbeleuchtung und Gasbeleuchtung im Hause, in Fabriken und öffentlichen Localen. Von Eduard Perl, Chemiker. Mit 10 Abbild. 9 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

IX. Band. **Die Fabrikation der Lacke, Firnisse, Buchdruckerfirnisse und des Siegellackes.** Handbuch für Praktiker. Enthaltend die ausführliche Beschreibung zur Darstellung aller flüchtigen (geistigen) und fetten Firnisse, Lacke und Siccative, sowie die vollständige Anleitung zur Fabrikation des Siegellackes und Siegelwachses von den feinsten bis zu den gewöhnlichen Sorten. Leichtfaßlich geschildert von Erwin Andres, Lack- und Firniß-Fabrikant. Dritte Auflage. Mit 20 erläuternden Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

X. Band. **Die Essigfabrikation.** Eine Darstellung der Essigfabrikation nach den ältesten und neueren Verfahrungsweisen, der Schnell-Essigfabrikation, der Bereitung von Eisessig und reiner Essigsäure aus Holzessig, sowie der Fabrikation des Wein-, Trestern-, Malz-, Biereſſigs und der aromatischen Essigsorten, nebst der praktischen Prüfung des Essigs. Von Dr. Josef Bersch. Dritte, erweiterte und verbesserte Aufl. Mit 17 Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

XI. Band. **Die Feuerwerkerei oder die Fabrikation der Feuerwerkskörper.** Eine Darstellung der gesammten Pyrotechnik, enthaltend die vorzüglichsten Vorschriften zur Anfertigung sämmtlicher Feuerwerksobjecte, als aller Arten von Leuchtfeuern, Sternen, Leuchtkugeln, Raketen, der Luft- und Wasser-Feuerwerke, sowie einen Abriß der für den Feuerwerker wichtigen Grundlehren der Chemie. Von Aug. Eschenbacher. Zweite, sehr vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 49 Abbild. 21 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

XII. Band. **Die Meerschaum- und Bernsteinwaaren-Fabrikation.** Mit einem Anhange über die Erzeugung hölzerner Pfeifenköpfe. Enthaltend: Die Fabrikation der Pfeifen und Cigarrenspitzen; die Verwerthung der Meerschaum- und Bernstein-Abfälle, Erzeugung von Kunstmeerschaum (Masse oder Massa), künstlichem Elfenbein, künstlicher Schmucksteine auf chemischem Wege; die zweckmäßigsten und nöthigsten Werkzeuge, Geräthschaften, Vorrichtungen und Hilfsstoffe. Ferner die Erzeugung der Oelköpfe, geflammter, gesprengelter und Ruhlaer Waare. Endlich die Erzeugung der Holzpfeifen, hierzu dienliche Holzarten, deren Färben, Beizen, Poliren u. dgl. Von E. M. Raufer. Mit 5 Tafeln Abbildungen. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

XIII. Band. **Die Fabrikation der ätherischen Oele.** Anleitung zur Darstellung derselben nach den Methoden der Pressung, Destillation, Extraction, Deplacirung, Maceration und Absorption, nebst einer ausführlichen Beschreibung aller bekannten ätherischen Oele in Bezug auf ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften und technische Verwendung, sowie der besten Verfahrungsarten zur Prüfung der ätherischen Oele auf ihre Reinheit. Von Dr. chem. George William Askinson, Verfasser des Werkes: Die Parfumerie-Fabrikation. 2. verbesserte und vermehrte Aufl. Mit 36 Abbild. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

XIV. Band. **Die Photographie oder die Anfertigung von bildlichen Darstellungen auf künstlichem Wege.** Als Lehr- u. Handb. v. prakt. Seite bearb. u. herausg. v. Jul. Krüger. M. 41 Abbild. 37 Bog. 8. Eleg. geh. 4 fl. = 7 M. 20 Pf.

XV. Band. **Die Leim- und Gelatine-Fabrikation.** Eine auf prakt. Erfahr. begründ. gemeinverständl. Darstell. dieses Industriezw. in s. ganz. Umfange. Von F. Dawidowsky. 2. Aufl. Mit 27 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 M.

XVI. Band. **Die Stärke-Fabrikation und die Fabrikation des Traubenzuckers.** Eine populäre Darstellung der Fabrikation aller im Handel vorkommenden Stärkesorten, als der Kartoffel-, Weizen-, Mais-, Reis-, Arrow-root-Stärke, der Tapioca u. s. w.; der Wasch- und Toilettestärke und des künstlichen Sago, sowie der Verwerthung aller bei der Stärke-Fabrikation sich ergebenden Abfälle, namentlich des Klebers und der Fabrikation des Dextrins, Stärkegummis, Traubenzuckers, Kartoffelmehles und der Zucker-Couleur. Ein Handbuch für Stärke- und Traubenzucker-Fabrikanten, sowie für Oekonomie-Besitzer und Branntweinbrenner. Von Felix Rehwald, Stärke- und Traubenzucker-Fabrikant. Zweite, sehr vermehrte u. verbesserte Aufl. Mit 28 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

XVII. Band. **Die Tinten-Fabrikation,** die Herstellung der Hektographen und Hektographirtinten und die Fabrikation der Tusche, der Tintenstifte, der Stempeldruckfarben sowie des Waschblaues. Ausführliche Darstellung der Anfertigung aller Schreib-, Comptoir- und Copirtinten, aller farbigen und sympathetischen Tinten, der chinesischen Tusche, lithographischen Stifte und Tinten, unauslöschlichen Tinten zum Zeichnen der Wäsche, der Bereitung des besten Waschblaues und der Stempeldruckfarben. Nebst einer Anleitung zum Lesbarmachen alter Schriften. Nach eigenen Erfahrungen dargestellt von Sigmund Lehner, Chemiker und Fabrikant. Dritte Aufl. Mit erläuternden Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

XVIII. Band. **Die Fabrikation der Schmiermittel, der Schuhwichse und Lederschmiere.** Darstellung aller bekannten Schmiermittel, als: Wagenschmiere, Maschinenschmiere, der Schmieröle f. Näh- u. andere Arbeitsmaschinen u. der Mineralschmieröle, Uhrmacheröle, ferner der Schuhwichse, Lederlacke, des Dégras u. Lederschmiere f. alle Gattungen von Leder. Von Rich. Brunner, techn. Chemik. 4. Aufl. Mit 5 erläuternden Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. = 2 M. 25 Pf.

XIX. Band. **Die Lohgerberei oder die Fabrikation des lohgaren Leders.** Ein Handbuch für Leder-Fabrikanten. Enthaltend die ausführliche Darstellung der Fabrikation des lohgaren Leders nach dem gewöhnlichen und Schnellgerbeverfahren, nebst der Anleitung zur Herstellung aller Gattungen Maschinenleder, des Juchten-, Saffian-, Corduan-, Chagrin- und Lackleders. Von Ferdinand Wiener, Leder-Fabrikant. Mit 43 Abbild. 35 Bog. 8. Eleg. geh. 4 fl. = 7 M. 20 Pf.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

XX. Band. **Die Weißgerberei, Sämischgerberei und Pergament-Fabrikation.** Ein Handbuch für Leder-Fabrikanten. Enthaltend die ausführliche Darstellung der Fabrikation des weißgaren Leders nach allen Verfahrungsweisen, des Glacéleders, Seifenleders u. s. w.; der Sämischgerberei, der Fabrikation des Pergaments und der Lederfärberei, mit besonderer Berücksichtigung der neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Lederindustrie. Von Ferdinand Wiener, Leder-Fabrikant. Mit 20 Abbild. 27 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. = 5 Mark.

XXI. Band. **Die chemische Bearbeitung der Schafwolle** oder das Ganze der Färberei von Wolle und wollenen Gespinnsten. Ein Hilfs- u. Lehrbuch für Färber, Färberei-Techniker, Tuch- u. Garn-Fabrikanten u. Solche, die es werden wollen. Dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft entsprechend u. auf Grund eigener langjähr. Erfahrungen im In- u. Auslande vorzugsweise praktisch dargestellt. Von Victor Joclét, Färber u. Fabriks-Dirigent. Mit 29 Abb. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. = 5 Mk.

XXII. Band. **Das Gesammtgebiet des Lichtdrucks,** die Emailphotographie, und anderweitige Vorschriften zur Umkehrung der negativen und positiven Glasbilder. Bearbeitet von J. Husnik, k. k. Professor in Prag. Dritte Auflage. Mit 38 Abbild. u. 3 Illustrationsbeilagen. 18 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

XXIII. Band. **Die Fabrikation der Conserven und Canditen.** Vollständige Darstellung aller Verfahren der Conservirung für Fleisch, Früchte, Gemüse, der Trockenfrüchte, der getrockneten Gemüse, Marmeladen, Fruchtsäfte u. s. w. und der Fabrikation aller Arten von Canditen, als: candirter Früchte, der verschiedenen Bonbons, der Rocks-Drops, der Dragées, Pralinées 2c. Von A. Hausner. 2. verbesserte und vermehrte Aufl. Mit 27 Abbild. 25 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

XXIV. Band. **Die Fabrikation des Surrogatkaffees und des Tafelsenfes.** Enthaltend: Die ausführliche Beschreibung der Zubereitung des Kaffees und seiner Bestandtheile; der Darstellung der Kaffee-Surrogate aus allen hierzu verwendeten Materialien und die Fabrikation aller Gattungen Tafelsenf. Von Karl Lehmann. Mit 9 Abbild. 9 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

XXV. Band. **Die Kitte und Klebemittel.** usführliche Anleitung zur Darstellung aller Arten von Kitten und Klebemitteln für Glas Porzellan, Metalle, Leder, Eisen, Stein, Holz, Wasserleitungs- und Dampfröhren, sowie der Oel-, Harz-, Kautschuk-, Guttapercha-, Caseïn-, Leim-, Wasserglas-, Glycerin-, Kalk-, Gyps-, Eisen- und Zink-Kitte, des Marine-Leims, der Zahnkitte, Zeiodeliths und der zu speciellen Zwecken dienenden Kitte und Klebemittel. Von Sigmund Lehner. Dritte, sehr verm. u. verb. Aufl. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. = 1 M. 80 Pf.

XXVI. Band. **Die Fabrikation der Knochenkohle und des Thieröles.** Eine Anleitung zur rationellen Darstellung der Knochenkohle oder des Spodiums und der plastischen Kohle, der Verwerthung aller sich hierbei ergebenden Nebenproducte und zur Wiederbelebung der gebrauchten Knochenkohle. Von Wilhelm Friedberg, technischer Chemiker. Mit 13 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

XXVII. Band. **Die Verwerthung der Weinrückstände.** Praktische Anleitung zur rationellen Verwerthung von Weintrester, Weinhefe (Weinlager, Geläger und Weinstein. Mit einem Anhang: Die Erzeugung von Weinsprit und Cognac aus Wein. Handbuch für Weinproducenten, Weinhändler, Brennerei-Techniker, Fabrikanten chemischer Producte und Chemiker. Gemeinverständlich dargestellt von Antonio dal Piaz, techn. Chemiker. Zweite Auflage. Mit 23 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

XXVIII. Band. **Die Alkalien.** Darstellung der Fabrikation der gebräuchlichsten Kali- und Natron-Verbindungen, der Soda, Potasche, des Salzes, Salpeters, Glaubersalzes, Wasserglases, Chromkalis, Blutlaugensalzes, Weinsteins, Laugensteins u. s. f., deren Anwendung und Prüfung. Ein Handbuch für Färber, Bleicher, Seifensieder, Fabrikanten von Glas, Zündwaaren, Lauge, Papier, Farben, überhaupt von chemischen Producten, für Apotheker und Droguisten. Von Dr. S. Pick, Fabriksbesitzer. Mit 24 Abbild. 21 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

XXIX. Band. **Die Bronzewaaren-Fabrikation.** Anleitung zur Fabrikation von Bronzewaaren aller Art, Darstellung ihres Gusses und Behandelns nach denselben, ihrer Färbung und Vergoldung, des Bronzirens überhaupt nach den älteren sowie bis zu den neuesten Verfahrungsweisen. Von Ludwig Müller, Metallwaaren-Fabrikant. Mit 25 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

XXX. Band. **Vollständiges Handbuch der Bleichkunst** oder theoretische und praktische Anleitung zum Bleichen der Baumwolle, des Flachses, des Hanfes, der Wolle und Seide, sowie der daraus gesponnenen Garne und gewebten oder gewirkten Zeuge. Nebst einem Anhange über zweckmäßiges Bleichen der Hadern, des Papieres, der Wasch- und Badeschwämme, des Strohes und Wachses 2c. Nach den neuesten Erfahrungen durchgängig praktisch bearbeitet von Victor Joclét. Mit 30 Abbild. und 2 Tafeln. 24 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. = 5 Mark.

XXXI. Band. **Die Fabrikation von Kunstbutter, Sparbutter un Butterine.** Eine Darstellung der Bereitung der Ersatzmittel der echten Butter na den besten Methoden. Allgemein verständlich geschildert von Victor Lang. Zwei vermehrte Aufl. Mit 14 Abbild. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. = 1 M. 80 Pf.

XXXII. Band. **Die Natur der Ziegelthone und die Ziegel-Fabr fation der Gegenwart.** Handbuch für technische Chemiker, Ziegeltechniker, Ba und Maschinen-Ingenieure 2c. 2c. Von Dr. Hermann Zwick. Mit 123 Abbild. un 2 Tafeln. 38 Bog. 8. Eleg. geh. 4 fl. 60 kr. = 8 M. 30 Pf.

XXXIII. Band. **Die Fabrikation der Mineral- und Lackfarben.** En haltend: Die Anleitung zur Darstellung aller künstlichen Maler- und Anstreicherfarbe der Email- und Metallfarben. Ein Handbuch für Fabrikanten, Farbwaarenhändle Maler und Anstreicher. Dem neuesten Stande der Wissenschaft entsprechend dargeste von Dr. Josef Bersch. Mit 19 Abbild. 41 Bog. 8. Eleg. geh. 4 fl. 20 kr. 7 M. 60 Pf.

XXXIV. Band. **Die künstlichen Düngemittel.** Darstellung der Fabr fation des Knochen-, Horn-, Blut-, Fleisch-Mehls, der Kalidünger, des schwefelsaur Ammoniaks, der verschiedenen Arten Superphosphate, der Poudrette u. s. f., son Beschreibung des natürlichen Vorkommens der concentrirten Düngemittel. Ein Han buch für Fabrikanten künstlicher Düngemittel, Landwirthe, Zucker-Fabrikanten, G werbetreibende und Kaufleute. Von Dr. S. Pick, Fabrikant chemischer Producte. Zwe verm. Auflage. Mit 25 Abbild. 18 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 P

XXXV. Band. **Die Zinkogravure** oder das Aetzen in Zink zur Herstellu von Druckplatten aller Art, nebst Anleitung zum Aetzen in Kupfer, Messing, Stahl u andere Metalle. Auf Grund eigener praktischer, vieljähriger Erfahrungen bearbeitet u herausgegeben von Julius Krüger. Zweite Auflage. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 = 3 Mark.

XXXVI. Band. **Medicinische Specialitäten.** Eine Sammlung aller jetzt bekannten und untersuchten medicinischen Geheimmittel mit Angabe ihrer Z sammensetzung nach den bewährtesten Chemikern. Gruppenweise zusammengestellt v C. F. Capaun-Karlowa, Apotheker. Zweite, vielfach vermehrte Auflage. 18 Bo 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

XXXVII. Band. **Die Colorie der Baumwolle auf Garne und G webe mit besonderer Berücksichtigung der Türkischroth-Färberei.** E Lehr- und Handbuch für Interessenten dieser Branchen. Nach eigenen praktischen E fahrungen zusammengestellt von Carl Romen, Director der Möllersdorfer Färber Bleicherei und Appretur. Mit 6 Abbild. 24 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 M.

XXXVIII. Band. **Die Galvanoplastik.** Ausführliche praktische Darstellu des galvanoplastischen Verfahrens in allen seinen Einzelheiten. In leichtfaßlich Weise bearbeitet von Julius Weiß. Dritte Aufl. Mit 48 Abbild. 27 Bog. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

XXXIX. Band. **Die Weinbereitung und Kellerwirthschaft.** Populär Handbuch für Weinproducenten, Weinhändler und Kellermeister. Gemeinverständl dargestellt auf Grundlage der neuesten wissenschaftlichen Forschungen der berüh testen Oenologen und eigenen langjährigen praktischen Erfahrungen von Antonio d Piaz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 31 Abbild. 25 Bog. 8. El geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

XL. Band. **Die technische Verwerthung des Steinkohlentheers**, ne einem Anhange: Ueber die Darstellung des natürlichen Asphalttheers und Aspha mastix aus den Asphaltsteinen und bituminösen Schiefern und Verwerthung der Neb producte. Von Dr. Georg Thenius, technischer Chemiker. Mit 20 Abbi 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

XLI. Band. **Die Fabrikation der Erdfarben.** Enthaltend: Die Beschreibu aller natürlich vorkommenden Erdfarben, deren Gewinnung und Zubereitung. Handb für Farben-Fabrikanten, Maler, Zimmermaler, Anstreicher und Farbwaaren-Händl Von Dr. Jos. Bersch. Mit 14 Abb. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

XLII. Band. **Desinfectionsmittel** oder Anleitung zur Anwendung praktischesten und besten Desinfectionsmittel, um Wohnräume, Krankensäle, Stallung Transportmittel, Leichenkammern, Schlachtfelder u. s. w. zu desinficiren. V Wilhelm Heckenast. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

XLIII. Band. **Die Heliographie**, oder: Eine Anleitung zur Herstellu *druckbarer Metallplatten aller Art*, sowohl für Halbtöne als auch für Strich- u *Kornmanier, ferner die neuesten Fortschritte im Pigmentdruck und Woodbury-Verfah (oder Reliefdruck)*, nebst anderweitigen Vorschriften. Bearbeitet von J. Hus *k. k. Professor in Prag.* Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 6 *strationen und* 5 Tafeln. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

XLIV. Band. **Die Fabrikation der Anilinfarbstoffe** und aller anderen [illegible]em Theere darstellbaren Farbstoffe (Phenol-, Naphthalin-, Anthracen- und [illegible]cin-Farbstoffe) u. deren Anwendung in der Industrie. Bearbeitet von Dr. Josef [illegible]ch. Mit 15 Abbild. 34 Bog. 8. Eleg. geb. 3 fl. 60 kr. = 6 M. 50 Pf.

XLV. Band. **Chemisch-technische Specialitäten und Geheimnisse,** mit [illegible]abe ihrer Zusammenstell. nach d. bewährt. Chemikern. Alphab. zusammengest. v. [illegible]. Capaun-Karlowa, Apoth. 2. Aufl. 16 Bog. 8. Eleg. geb. 1 fl. 35 kr. = M. 2.50.

XLVI. Band. **Die Woll- und Seidendruckerei in ihrem ganzen Um[illegible]ge.** Ein prakt. Hand- u. Lehrbuch für Druck-Fabrikanten, Färber u. techn. [illegible]miker. Enthaltend: das Drucken der Wollen-, Halbwollen- u. Halbseidenstoffe, Wollengarne u. seidenen Zeuge. Unter Berücksichtigung d. neuesten Erfind. u. unter [illegible]grundelegung langj. prakt. Erfahrung. Bearb. v. Vict. Joclet, techn. Chemiker. [illegible]t 54 Abbild. u. 4 Taf. 37 Bog. 8. Eleg. geb. 3 fl. 60 kr. = 6 M. 50 Pf.

XLVII. Band. **Die Fabrikation des Rübenzuckers,** enthaltend: Die Erzeu[illegible]ung des Brotzuckers, des Rohzuckers, die Herstellung von Raffinad- und Candiszucker [illegible]ebst einem Anhange über die Verwerthung der Nachproducte und Abfälle &c. Zum Ge[illegible]brauche als Lehr- und Handbuch leichtfaßlich dargestellt von Richard v. Regner, Chemiker. Mit 21 erläuternden Abbild. 14 Bog. 8. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

XLVIII. Band. **Farbenlehre.** Für die praktische Anwendung in den ver[illegible]schied. Gewerben und in der Kunstindustrie, bearb. von Alwin v. Wouwermans. Mit 7 Abbild. und 6 Farbtafeln. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr = 2 M. 25 Pf.

IL. Band. **Vollständige Anleitung zum Formen und Gießen** oder genaue Beschreibung aller in den Künsten und Gewerben dafür angewandten Materialien, als: Gyps, Wachs, Schwefel, Leim, Harz, Guttapercha, Thon, Lehm, Sand und deren Behandlung behufs Darstellung von Gypsfiguren, Stuccatur-, Thon-, Cement- und Steingut-Waaren, sowie beim Guß von Statuen, Glocken und den in der Messing-, Zink-, Blei- und Eisengießerei vorkommenden Gegenständen. Von Eduard Uhlenhuth. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 17 Abbild. 12 Bog. 8. Eleg. geb. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

L. Band. **Die Bereitung der Schaumweine.** Mit besonderer Berücksichtigung der französischen Champagner-Fabrikation. Genaue Anweisung und Erläuterung der vollständigen rationellen Fabrikationsweise aller moussirenden Weine und Champagner. Mit Benützung des Robinet'schen Werkes, auf Grund eigener praktischer Erfahrungen und wissenschaftlicher Kenntnisse dargestellt und erläutert von A. v. Regner. Mit 28 Abbild. 25 Bog. 8. Eleg. geb 2 fl. 75 kr = 5 Mark

LI. Band. **Kalk und Luftmörtel.** Auftreten und Natur des Kalksteines, das Brennen desselben und seine Anwendung zu Luftmörtel. Nach gegenwärtigem Stande der Theorie und Praxis dargestellt von Dr. Hermann Zwick. Mit 30 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geb. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

LII. Band. **Die Legirungen.** Handbuch für Praktiker. Enthaltend: Die Darstellung sämmtlicher Legirungen, Amalgame und Lothe für die Zwecke aller Metallarbeiter, insbesondere für Erzgießer, Glockengießer, Bronzearbeiter, Gürtler, Sporer, Klempner, Gold- und Silberarbeiter, Mechaniker, Techniker u. s. w. Von A. Krupp. Mit 11 Abbild. 28 Bog. 8. Eleg. geb. 2 fl. 75 kr. = 5 Mark.

LIII. Band. **Unsere Lebensmittel.** Eine Anleitung zur Kenntniß der vorzüglichsten Nahrungs- und Genußmittel, deren Vorkommen und Beschaffenheit in gutem und schlechtem Zustande, sowie ihre Verfälschungen und deren Erkennung. Von C. F. Capaun-Karlowa. 10 Bog. 8 Eleg. geb. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

LIV. Band. **Die Photokeramik,** das ist die Kunst, photogr. Bilder auf Porzellan, Email, Glas, Metall u. s. w. einzubrennen. Als Lehr- u. Handbuch nach eig. Erfahrungen u. mit Benützung der besten Quellen, bearbeitet u. herausg. von Jul. Krüger. Mit 19 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geb. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

LV. Band. **Die Harze und ihre Producte.** Deren Abstammung, Gewinnung und technische Verwerthung. Nebst einem Anhang: Ueber die Producte der trockenen Destillation des Harzes oder Colophoniums; das Camphin, das schwere Harzöl, das Codöl, u. die Bereitung v. Wagenfetten, Maschinenölen &c. aus den schweren Harzölen, sowie die Verwendung derselben zur Leuchtgas-Erzeugung. Ein Handb. für Fabrikanten, Techniker, Chemiker, Droguisten, Apotheker, Wagenfett-Fabrikanten u. Brauer. Nach den neuest. Forschungen u. auf Grundl. langj. Erfahr. zusammengest. v. Dr. G. Thenius. M. 40 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geb. 1 fl. 80 kr. = M. 3.25.

LVI. Band. **Die Mineralsäuren.** Nebst einem Anhang: Der Chlorkalk und die Ammoniak-Verbindungen. Darstellung der Fabrikation von schwefliger Säure, Schwefel-, Salz-, Salpeter-, Kohlen-, Arsen-, Bor-, Phosphor-, Blausäure, Chlorkalk und Ammoniaksalzen, deren Untersuchung und Anwendung. Ein Handbuch für Apotheker, Droguisten, Färber, Bleicher, Fabrikanten von Farben, Zucker, Papier, Düngemittel, chemischen Producten, für Gastechniker u. s. f. Von Dr. S. Pick, Fabrikdirector. Mit 27 Abbild. 26 Bog. 8. Eleg. geb. 2 fl. 75 kr. = 5 Mark.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

LVII. Band. **Wasser und Eis.** Eine Darstellung der Eigenschaften, Anwendung und Reinigung des Wassers für industrielle und häusliche Zwecke und der Aufbewahrung, Benützung und künstlichen Darstellung des Eises. Für Praktiker bearbeitet von Friedrich Ritter. Mit 35 Abbild. 21 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

LVIII. Band. **Hydraulischer Kalk u. Portland-Cement** nach Rohmaterialien, physikalischen u. chemischen Eigenschaften, Untersuchung, Fabrikation u. Werthstellung unter besonderer Rücksicht auf den gegenwärtigen Stand der Cement-Industrie. Bearbeitet v. Dr. H. Zwick. 28 Abb. 22 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

LIX. Band. **Die Glasätzerei für Tafel- und Hohlglas, Hell- und Mattätzerei in ihrem ganzen Umfange.** Alle bisher bekannten und viele neue Verfahren enthaltend; mit besonderer Berücksichtigung der Monumental-Glasätzerei. Leichtfaßlich dargestellt mit genauer Angabe aller erforderlichen Hilfsmittel von J. B. Miller, Glastechniker. Zweite Auflage. Mit 18 Abbild. 9 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. = 1 M. 80 Pf.

LX. Band. **Die explosiven Stoffe**, ihre Geschichte, Fabrikation, Eigenschaften, Prüfung und praktische Anwendung in der Sprengtechnik. Mit einem Anhange, enthaltend: Die Hilfsmittel der submarinen Sprengtechnik (Torpedos und Seeminen). Bearbeitet nach den neuesten wissenschaftlichen Erfahrungen von Dr. Fr. Böckmann, techn. Chemiker. Mit 31 Abbild. 28 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. = 5 Mark.

LXI. Band. **Handbuch der rationellen Verwerthung, Wiedergewinnung und Verarbeitung von Abfallstoffen jeder Art.** Von Dr. Theodor Koller. Mit 22 Abbild. 21 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

LXII. Band. **Kautschuk und Guttapercha.** Eine Darstellung der Eigenschaften und der Verarbeitung des Kautschuks und der Guttapercha auf fabriksmäßigem Wege, der Fabrikation des vulcanisirten und gehärteten Kautschuks, der Kautschuk- und Guttapercha-Compositionen, der wasserdichten Stoffe, elastischen Gewebe u. s. w. Für die Praxis bearbeitet von Raimund Hoffer. Mit 8 Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

LXIII. Band. **Die Kunst- und Feinwäscherei in ihrem ganzen Umfange.** Enthaltend: Die chemische Wäsche, Fleckenreinigungskunst, Kunstwäscherei, Hauswäscherei, die Strohhut-Bleicherei und Färberei, Handschuh-Wäscherei und Färberei &c. Von Victor Joclét. Zweite Auflage. Mit 18 Abbild. 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. = 1 M. 80 Pf.

LXIV. Band. **Grundzüge der Chemie in ihrer Anwendung auf das praktische Leben.** Für Gewerbetreibende und Industrielle im Allgemeinen, sowie für jeden Gebildeten. Bearbeitet von Dr. Willibald Artus, Professor in Jena. Mit 24 Abbild. 34 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 30 kr. = 6 Mark.

LXV. Band. **Die Fabrikation der Emaille und das Emailliren.** Anleitung zur Darstellung aller Arten Emaille für technische und künstlerische Zwecke und zur Vornahme des Emaillirens auf praktischem Wege. Für Emaillefabrikanten, Gold- und Metallarbeiter und Kunstindustrielle. Von Paul Randau, technischer Chemiker. Mit 8 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

LXVI. Band. **Die Glas-Fabrikation.** Eine übersichtliche Darstellung der gesammten Glasindustrie mit vollständiger Anleitung zur Herstellung aller Sorten von Glas und Glaswaaren. Zum Gebrauche für Glasfabrikanten und Gewerbetreibende aller verwandten Branchen auf Grund praktischer Erfahrungen und der neuesten Fortschritte bearbeitet von Raimund Gerner, Glasfabrikant. Mit 50 Abbild. 23 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

LXVII. Band. **Das Holz und seine Destillations-Producte.** Ueber die Abstammung und das Vorkommen der verschiedenen Hölzer. Ueber Holz, Holzschleifstoff, Holzcellulose, Holzimprägnirung und Holzconservirung, Meiler- und Retorten-Verkohlung, Holzessig und seine technische Verarbeitung, Holztheer und seine Destillationsproducte, Holztheerpech und Holzkohlen nebst einem Anhange: Ueber Gaserzeugung aus Holz. Ein Handbuch für Waldbesitzer, Forstbeamte, Lehrer, Chemiker, Techniker und Ingenieure, nach den neuesten Erfahrungen praktisch und wissenschaftlich bearbeitet von Dr. Georg Thenius, techn. Chemiker. Mit 32 Abbild. 34 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

LXVIII. Band. **Die Marmorirkunst.** Ein Lehr-, Hand- und Musterbuch für Buchbindereien, Buntpapierfabriken und verwandte Geschäfte. Von Josef Phileas Boeck. Mit 30 Marmorpapier-Mustern und 6 Abbild. 6 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. = 1 M. 80 Pf.

LXIX. Band. **Die Fabrikation des Wachstuches**, des amerikanischen Ledertuches, des Wachs-Taffets, der Maler- und Zeichen-Leinwand, sowie die Fabrikation des Theertuches, der Dachpappe und die Darstellung der unverbrennlichen und gegerbten Gewebe. Den Bedürfnissen der Praktiker entsprechend. Von Rudolf Eßlinger, Fabrikant. Mit 11 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

LXX. Band. Das Celluloid, seine Rohmaterialien, Fabrikation, Eigenschaften und technische Verwendung. Für Celluloid- und Celluloidwaaren-Fabrikanten, für alle Celluloid verarbeitenden Gewerbe, Zahnärzte und Zahntechniker. Von Dr. Fr. Böckmann, technischer Chemiker. Mit 8 Abbild. 7 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. = 1 M. 80 Pf.

LXXI. Band. Das Ultramarin und seine Bereitung nach dem jetzigen Stande dieser Industrie. Von C. Fürstenau. Mit 25 Abbild. 7 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. = 1 M. 80 Pf.

LXXII. Band. Petroleum und Erdwachs. Darstellung der Gewinnung von Erdöl und Erdwachs (Ceresin), deren Verarbeitung auf Leuchtöle und Paraffin, sowie aller anderen aus denselben zu gewinnenden Producte, mit einem Anhang, betreffend die Fabrikation von Photogen, Solaröl und Paraffin aus Braunkohlentheer. Mit besonderer Rücksichtnahme auf die aus Petroleum dargestellten Leuchtöle, deren Aufbewahrung und technische Prüfung. Von Arthur Burgmann, Chemiker. Mit 12 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

LXXIII. Band. Das Löthen und die Bearbeitung der Metalle. Eine Darstellung aller Arten von Loth, Löthmitteln und Löthapparaten, sowie der Behandlung der Metalle während der Bearbeitung. Handbuch für Praktiker. Nach eigenen Erfahrungen bearbeitet von Edmund Schlosser. Mit 21 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

LXXIV. Band. Die Gasbeleuchtung im Haus und die Selbsthilfe des Gas-Consumenten. Praktische Anleitung zur Herstellung zweckmäßiger Gasbeleuchtungen, mit Angabe der Mittel, eine möglichst große Gasersparniß zu erzielen. Von A. Müller. Mit 84 Abbild. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

LXXV. Band. Die Untersuchung der im Handel und Gewerbe gebräuchlichsten Stoffe (einschließlich der Nahrungsmittel). Gemeinverständlich dargestellt von Dr. S. Pick. Ein Handbuch für Handel- und Gewerbetreibende jeder Art, für Apotheker, Photographen, Landwirthe, Medicinal- und Zollbeamte. Mit 16 Abbild. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

LXXVI. Band. Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verstählen und das Ueberziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt. Eine Darstellung praktischer Methoden zur Anfertigung aller Metallüberzüge aus Zinn, Zink, Blei, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Nickel, Kobalt und Stahl, sowie der Patina, der oxydirten Metalle und der Bronzirungen. Von Friedrich Hartmann. Zweite verbesserte Auflage. Mit 3 Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

LXXVII. Band. Kurzgefaßte Chemie der Rübensaft-Reinigung. Zum Gebrauche für praktische Zucker-Fabrikanten. Von W. Sykora und F. Schiller. 19 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

LXXVIII. Band. Die Mineral-Malerei. Neues Verfahren zur Herstellung witterungsbeständiger Wandgemälde. Technisch-wissenschaftliche Anleitung von A. Keim. 6 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. = 1 M. 80 Pf.

LXXIX. Band. Die Chocolade-Fabrikation. Eine Darstellung der verschiedenen Verfahren zur Anfertigung aller Sorten Chocoladen, der hierbei in Anwendung kommenden Materialien und Maschinen. Nach dem neuesten Stande der Technik geschildert von Ernst Saldau. Mit 34 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

LXXX. Band. Die Briquette-Industrie und die Brennmaterialien. Mit einem Anhange: Die Anlage der Dampfkessel und Gasgeneratoren mit besonderer Berücksichtigung der rauchfreien Verbrennung. Von Dr. Friedrich Jünemann, technischer Chemiker. Mit 48 Abbild. 26 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. = 5 Mark.

LXXXI. Band. Die Darstellung des Eisens und der Eisenfabrikate. Handbuch für Hüttenleute und sonstige Eisenarbeiter, für Techniker, Händler mit Eisen und Metallwaaren, für Gewerbe- und Fachschulen &c. Von Eduard Japing. Mit 73 Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

LXXXII. Band. Die Lederfärberei und die Fabrikation des Lackleders. Ein Handbuch für Lederfärber und Lackirer. Anleitung zur Herstellung aller Arten von färbigem Glacéleder nach dem Anstreich- und Tauchverfahren, sowie mit Hilfe der Theerfarben, zum Färben von schwedischem, sämischgarem und lohgarem Leder, zur Saffian-, Corduan-, Chagrinfärberei &c. und zur Fabrikation von schwarzem und färbigem Lackleder. Von Ferdinand Wiener, Leder-Fabrikant. Mit 15 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

LXXXIII. Band. Die Fette und Oele. Darstellung der Eigenschaften aller Fette und Oele, der Fett- und Oelraffinerie und der Kerzenfabrikation. Nach dem neuesten Stande der Technik leichtfaßlich geschildert von Friedrich Thalmann. Mit 31 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

LXXXIV. Band. **Die Fabrikation der moussirenden Getränke.** Praktische Anleitung zur Fabrikation aller moussirenden Wässer, Limonaden, Weine etc. und gründliche Beschreibung der hierzu nöthigen Apparate. Von Oskar Meitz. Neu bearbeitet von Dr. E. Luhmann, Chemiker und Fabriksdirector. Zweite Aufl. Mit 24 Abbild. 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

LXXXV. Band. **Gold, Silber und Edelsteine.** Handbuch für Gold-, Silber- Bronzearbeiter und Juweliere. Vollständige Anleitung zur technischen Bearbeitung der Edelmetalle, enthaltend das Legiren, Gießen, Bearbeiten, Emailliren, Färben und Oxydiren, das Vergolden, Incrustiren und Schmücken der Gold- und Silberwaaren mit Edelsteinen und die Fabrikation des Imitationsschmuckes. Von Alexander Wagner. Mit 14 Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. Preis 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

LXXXVI. Band. **Die Fabrikation der Aether und Grundessenzen.** Die Aether, Fruchtäther, Fruchtessenzen, Fruchtextracte, Fruchtsyrupe, Tincturen zum Färben und Klärungsmittel. Nach den neuesten Erfahrungen bearbeitet von Dr. Th. Horatius. Mit 14 Abbild. 18 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

LXXXVII. Band. **Die technischen Vollendungs-Arbeiten der Holz-Industrie,** das Schleifen, Beizen, Poliren, Lackiren, Anstreichen und Vergolden des Holzes, nebst der Darstellung der hierzu verwendbaren Materialien in ihren Hauptgrundzügen. Von L. E. Andés. Zweite vollständig umgearbeitete und verbesserte Auflage. Mit 33 Abbild. 18 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf

LXXXVIII. Band. **Die Fabrikation von Albumin und Eierconserven.** Eine Darstellung der Eigenschaften der Eiweißkörper und der Fabrikation von Eier- und Blutalbumin, des Patent- und Naturalbumins, der Eier- und Dotter-Conserven und der zur Conservirung frischer Eier dienenden Verfahren. Von Karl Ruprecht. Mit 13 Abbild. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 20 kr. = 2 M. 25 Pf.

LXXXIX. Band. **Die Feuchtigkeit der Wohngebäude,** der Mauerfraß und Holzschwamm, nach Ursache, Wesen und Wirkung betrachtet und die Mittel zur Verhütung sowie zur sicheren und nachhaltigen Beseitigung dieser Uebel unter besonderer Hervorhebung eines neuen und praktisch bewährten Verfahrens zur Trockenlegung feuchter Wände und Wohnungen. Für Baumeister, Bautechniker, Gutsverwalter, Tüncher, Maler und Hausbesitzer. Von A. Keim, technischer Director in München. Mit 14 Abbild. 8 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

XC. Band. **Die Verzierung der Gläser durch den Sandstrahl.** Vollständige Unterweisung zur Mattverzierung von Tafel- und Hohlglas mit besonderer Berücksichtigung der Beleuchtungsartikel. Viele neue Verfahren: Das Lasiren der Gläser. Die Mattdecoration von Porzellan und Steingut. Das Mattiren und Verzieren der Metalle. Nebst einem Anhange: Die Sandblas Maschinen. Von J. B. Miller, Glastechn. Mit 8 Abbild. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

XCI. Band. **Die Fabrikation des Alauns,** der schwefelsauren und essigsauren Thonerde, des Bleiweißes und Bleizuckers. Von Friedrich Jünemann, technischer Chemiker. Mit 9 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

XCII. Band. **Die Tapete,** ihre ästhetische Bedeutung und technische Darstellung, sowie kurze Beschreibung der Buntpapier-Fabrikation. Zum Gebrauche für Musterzeichner, Tapeten- und Buntpapier-Fabrikanten. Von Th. Seemann. Mit 42 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

XCIII. Band. **Die Glas-, Porzellan- und Email-Malerei in ihrem ganzen Umfange.** Ausführliche Anleitung zur Anfertigung sämmtlicher bis jetzt zur Glas-, Porzellan-, Email-, Fayence- und Steingut-Malerei gebräuchlichen Farben und Flüsse, nebst vollständiger Darstellung des Brennens dieser verschiedenen Stoffe. Unter Zugrundelegung der neuesten Erfindungen und auf Grund eigener in Sèvres und anderen großen Malereien und Fabriken erworbenen Kenntnisse bearb. und herausg. von Felix Hermann. Mit 10 Abbild. 19 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

XCIV. Band. **Die Conservirungsmittel.** Ihre Anwendung in den Gährungsgewerben und zur Aufbewahrung von Nahrungsstoffen. Eine Darstellung der Eigenschaften der Conservirungsmittel und deren Anwendung in der Bierbrauerei, Weinbereitung, Essig- und Preßhefe-Fabrikation etc. Von Dr. Josef Bersch. Mit 8 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

XCV. Band. **Die elektrische Beleuchtung** und ihre Anwendung in der Praxis. Mit besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse der internationalen elektrischen Ausstellung in Paris im Jahre 1881. Verfaßt von Dr. Alfred v. Urbanitzky, Assistent an der k. k. technischen Hochschule in Wien. Mit 85 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

XCVI. Band. **Preßhefe, Kunsthefe und Backpulver.** Ausführliche Anleitung zur Darstellung von Preßhefe nach allen bekannten Methoden, zur Bereitung der Kunsthefe und der verschiedenen Arten von Backpulver. Praktisch geschildert von Adolf Wilfert. Mit 16 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

XCVII. Band. **Der praktische Eisen- und Eisenwaarenkenner.** Kaufmännisch-technische Eisenwaarenkunde. Ein Handbuch für Händler mit Eisen- und Stahlwaaren, Fabrikanten, Ex- und Importeure, Agenten für Eisenbahn- und Baubehörden, Handels- und Gewerbeschulen rc. Von Eduard Japing, dipl. Ingenieur und Redacteur, früher Eisenwerks-Director. Mit 98 Abbild. 37 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 30 kr. = 6 Mark.

XCVIII. Band. **Die Keramik** oder Die Fabrikation von Töpfer-Geschirr, Steingut, Fayence, Steinzeug, Terralith, sowie von französischem, englischem und Hartporzellan. Anleitung für Praktiker zur Darstellung aller Arten keramischer Waaren nach deutschem, französischem u. englischem Verfahren. Von Ludwig Wipplinger. Mit 45 Abbild. 24 Bogen. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

IC. Band. **Das Glycerin.** Seine Darstellung, seine Verbindungen und Anwendung in den Gewerben, in der Seifen-Fabrikation, Parfümerie und Sprengtechnik. Für Chemiker, Parfumeure, Seifen-Fabrikanten, Apotheker, Sprengtechniker und Industrielle geschildert von S. W. Koppe. Mit 20 Abbild. 13 Bogen. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

C. Band. **Handbuch der Chemigraphie,** Hochätzung in Zink für Buchdruck mittelst Umdruck von Autographien und Photogrammen und directer Copirung od. Radirung d. Bildes a. d. Platte (Photo-Chemigraphie u. Chalco-Chemigraphie). Von W. F. Toifel. Mit 14 Abbild. 17 Bg. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CI. Band. **Die Imitationen.** Eine Anleitung zur Nachahmung von Natur- und Kunstproducten, als: Elfenbein, Schildpatt, Perlen und Perlmutter, Korallen, Bernstein, Horn, Hirschhorn, Fischbein, Alabaster rc., sowie zur Anfertigung von Kunst-Steinmassen, Nachbildungen von Holzschnitzereien, Bildhauer-Arbeiten, Mosaiken, Intarsien u. s. w. Für Gewerbetreibende und Künstler. Von Sigmund Lehner. Mit 10 Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CII. Band. **Die Fabrikation der Copal-, Terpentinöl- und Spiritus-Lacke.** Von L. E. Andés. Mit 38 Abbild. 28 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. = 5 M. 40 Pf.

CIII. Band. **Kupfer und Messing,** sowie alle technisch wichtigen Kupferlegierungen, ihre Darstellungsmeth., Eigenschaften und Weiterverarbeitg. zu Handelswaaren. Von Ed. Japing. Mit 41 Abbild. 14 Bg. 8. Eleg. geh. 1 f. 65 kr. = 3 Mark.

CIV. Band. **Die Bereitung der Brennerei-Kunsthefe.** Auf Grundlage vieljähriger Erfahrungen geschildert von Josef Reis, Brennerei-Director. 4 Bog. 8. Eleg. geh. 80 kr. = 1 M. 50 Pf.

CV. Band. **Die Verwerthung des Holzes auf chemischem Wege.** Eine Darstellung der Verfahren zur Gewinnung der Destillationsproducte des Holzes, der Essigsäure, des Holzgeistes, des Theeres und der Theeröle, des Creosotes, des Rußes, des Röstholzes und der Kohlen. Die Fabrikation von Oxalsäure, Alkohol und Celluloſe, der Gerb- und Farbstoff-Extracte aus Rinden und Hölzern, der ätherischen Oele und Harze. Für Praktiker geschildert von Dr. Josef Bersch. Mit 56 Abbild. 22 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

CVI. Band. **Die Fabrikation der Dachpappe und der Anstrichmasse** für Pappdächer in Verbindung mit der Theer-Destillation nebst Anfertigung aller Arten von Pappbedachungen und Asphaltirungen. Ein Handbuch für Dachpappe-Fabrikanten, Baubeamte, Bau-Techniker, Dachdecker und Chemiker. Von Dr. E. Luhmann, techn. Chemiker. Mit 47 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CVII. Band. **Anleitung zur chemischen Untersuchung und rationellen Beurtheilung der landwirthschaftlich wichtigsten Stoffe.** Ein den praktischen Bedürfnissen angepaßtes analytisches Handbuch für Landwirthe, Fabrikanten künstlicher Düngemittel, Chemiker, Lehrer der Agriculturchemie und Studirende höherer landwirthschaftlicher Lehranstalten. Nach dem neuesten Stande der Praxis verfaßt von Robert Heinze. Mit 15 Abbild. 19 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CVIII. Band. **Das Lichtpausverfahren** in theoretischer u. praktischer Beziehung. Von H. Schuberth. Mit 4 Abbild. 8 Bg. 8. Eleg. geh. 80 kr. = 1 M. 50 Pf.

CIX. Band. **Zink, Zinn und Blei.** Eine ausführliche Darstellung der Eigenschaften dieser Metalle, ihrer Legirungen unter einander und mit anderen Metallen, sowie ihrer Verarbeitung auf physikalischem Wege. Für Metallarbeiter und Kunst-Industrielle geschildert von Karl Richter. Mit 8 Abbild. 18 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CX. Band. **Die Verwerthung der Knochen auf chemischem Wege.** Eine Darstellung der Verarbeitung von Knochen auf alle aus denselben gewinnbaren Producte, insbesondere von Fett, Leim, Düngemitteln und Phosphor. Von Wilhelm Friedberg. Mit 20 Abbild. 20 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

CXXV. Band. **Die Teigwaaren-Fabrikation.** Mit einem Anhange: Die Panier- und Mutschelmehl-Fabrikation. Eine auf praktische Erfahrung begründete, gemeinverständliche Darstellung der Fabrikation aller Arten Teigwaaren, sowie des Panier- und Mutschelmehles mittelst Maschinenbetriebes, nebst einer Schilderung sämmtlicher Maschinen und der verschiedenen Rohproducte. Mit Beschreibung und Plan einer Teigwaaren-Fabrik. Leichtfaßlich geschildert von Friedrich Oertel, Teigwaaren-Fabrikant (Jury-Mitglied der bayrischen Landesausstellung 1882, Gruppe Nahrungsmittel), Mitarbeiter der allgemeinen Bäcker- und Conditor-Zeitung in Stuttgart. Mit 43 Abbild. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf.

CXXVI. Band. **Praktische Anleitung zur Schriftmalerei** mit besonderer Berücksichtigung der Construction und Berechnung von Schriften für bestimmte Flächen, sowie der Herstellung von Glas-Glanzvergoldung und Versilberung für Glasfirmentafeln ꝛc. Nach eigenen praktischen Erfahrungen bearbeitet von Robert Hagen. Mit 18 Abbild. 7 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. = 1 M. 80 Pf.

CXXVII. Band. **Die Meiler- und Retorten-Verkohlung.** Die liegenden und stehenden Meiler. Die gemauerten Holzverkohlungs-Oefen und die Retorten-Verkohlung. Ueber Kiefer-, Kien- und Buchenholztheer-Erzeugung, sowie Birkentheer-Gewinnung. Die technisch-chemische Bearbeitung der Nebenproducte der Holzverkohlung, wie Holzessig, Holzgeist und Holztheer. Die Rothsalz-Fabrikation, das schwarze und graue Rothsalz. Die Holzgeist-Erzeugung und die Verarbeitung des Holztheers auf leichte und schwere Holztheeröle, sowie die Erzeugung des Holztheerparaffins und Verwerthung des Holztheerpeches. Nebst einem Anhang: Ueber die Rußfabrikation aus harz. Hölzern, Harzen, harz. Abfällen und Holztheerölen. Ein Handbuch f. Herrschaftsbesitzer, Forstbeamte, Fabrikanten, Chemiker, Techniker u. Praktikanten. Nach den neuest. Erfahrung. prakt. u. wissenschaftl. bearb. von Dr. Georg Thenius, Chemik. u. Technik. Mit 80 Abbild. 22 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

CXXVIII. Band. **Die Schleif-, Polir- und Putzmittel** für Metalle aller Art, Glas, Holz, Edelsteine, Horn, Schildpatt, Perlmutter, Steine ꝛc., ihr Vorkommen, ihre Eigenschaften, Herstell. u. Verwend., nebst Darstell. d. gebräuchlichsten Schleifvorrichtung. Ein Handbuch für techn. u. gewerbl. Schulen, Eisenwerke, Maschinenfabriken, Glas-, Metall- u. Holz-Industrielle, Gewerbetreibende u. Kaufleute. Von Vict. Wahlburg. Mit 66 Abbild. 23 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

CXXIX. Band. **Lehrbuch der Verarbeitung der Naphtha** oder des Erdöles auf Leucht- und Schmieröle. Von F. A. Roßmäßler. Mit 25 Abbild. 8 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 10 kr. = 2 Mark.

CXXX. Band. **Die Zinkätzung** (Chemigraphie, Zinkotypie). Eine faßliche Anleit. nach d. neuesten Fortschritten alle in d. bekannten Manieren auf Zink o. ein anderes Metall übrtrag. Bilder hoch zu ätzen u. f. d. typograph. Presse geeig. Druckplatten herzustellen. Von J. Husnik, k. k. Prof. am I. Staats-Realgymnasium in Prag. Mit 16 Abbild. und vier Tafeln. 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CXXXI. Band. **Die Fabrikation der Kautschuk- und Leimmasse-Typen, Stempel und Druckplatten, sowie die Verarbeitung des Korkes und der Korkabfälle.** Darstellung der Fabrikation von Kautschuk- und Leimmasse-Typen und Stempel, der Celluloid-Stampiglien, der hiezugehörigen Apparate, Vorrichtungen, der erforderlichen Stempelfarben, der Buch- und Steindruckwalzen, Fladerdruckplatten, elastischen Formen für Stein- und Gypsguß; ferner der Gewinnung, Eigenschaften und Verarbeitung des Korkes zu Pfropfen, der hierbei resultirenden Abfälle zu künstlichen Pfropfen, Korksteinen, ꝛc. Von August Stefan. Mit 65 Abbild. 21 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

CXXXII. Band. **Das Wachs und seine technische Verwendung.** Darstellung der natürlichen animalischen und vegetabilischen Wachsarten, des Mineralwachses (Ceresin), ihrer Gewinnung, Reinigung, Verfälschung und Anwendung in der Kerzenfabrikation, zu Wachsblumen u. Wachsfiguren, Wachspapier, Salben u. Pasten, Pomaden, Farben, Lederschmieren, Fußbodenwichsen u. vielen anderen techn. Zwecken. Von Ludwig Sedna. Mit 33 Abbild. 10 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 35 kr. = 2 M. 50 Pf

CXXXIII. Band. **Asbest und Feuerschutz.** Enthaltend: Vorkommen Verarbeitung und Anwendung des Asbestes, sowie den Feuerschutz in Theatern, öffentlichen Gebäuden u. s. w., durch Anwendung von Asbestpräparaten, Imprägnirungen und sonstigen bewährten Vorkehrungen. Von Wolfgang Venerand. Mit 47 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CXXXIV. Band. **Die Appreturmittel und ihre Verwendung.** Darstellung aller in der Appretur verwendeten Hilfsstoffe, ihrer spec. Eigenschaften, d. Zubereitung zu Appreturmassen u. ihrer Verwend. z. Appretiren v. leinenen, baumwollenen, seidenen u. wollenen Geweben; feuersichere u. wasserdichte Appreturen u. d. hauptsächl. maschinellen Vorrichtung. Ein Hand- u. Hilfsb. f. Appreteure, Drucker, Färber, Bleicher, Wäschereien. Von F. Polleyn. Mit 38 Abb. 25 Bg. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

CXXXV. Band. **Die Fabrikation von Rum, Arrak und Cognac** und allen Arten von Obst- und Früchtenbranntweinen, sowie die Darstellung der besten Nachahmungen von Rum, Arrak, Cognac, Pflaumenbranntwein (Slibowitz), Kirschwasser u. s. w. Nach eigenen Erfahrungen geschild. von August Gaber, gepr. Chemiker und prakt. Destillateur. Mit 45 Abbild. 25 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

CXXXVI. Band. **Handb. d. prakt. Seifen-Fabrikat.** Von Alwin Engelhardt. I. Band. Die in der Seifen-Fabrikat. angewend. Rohmaterialien, Maschinen und Geräthschaften. Mit 66 Abbild. 27 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 30 kr. = 6 Mark.

CXXXVII. Band. **Handb. d. prakt. Seifen-Fabrikat.** Von Alwin Engelhardt. II. Band. Die gesammte Seifen-Fabrikation nach dem neuesten Standpunkte der Praxis u. Wissenschaft. Mit 20 Abbild. 33 Bog. 8. Geh. 3 fl. 30 kr. = 6 Mark.

CXXXVIII. Band. **Handbuch der praktischen Papier-Fabrikation.** Von Dr. Stanislaus Mierzinski. Erster Band: Die Herstellung des Papiers aus Hadern auf der Papiermaschine. Mit 166 Abbild. u. mehr. Tafeln. 30 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 30 kr. = 6 Mark. (Siehe auch die Bände 141, 142.)

CXXXIX. Band. **Die Filter für Haus und Gewerbe.** Eine Beschreibung der wichtigsten Sand-, Gewebe-, Papier-, Kohle-, Eisen-, Stein-, Schwamm- u. s. w. Filter u. der Filterpressen. Mit besond. Berücksichtigung d. verschied. Verfahren zur Untersuchung, Klärung u. Reinigung d. Wassers u. d. Wasserversorgung von Städten. Für Behörden, Fabrikanten, Chemiker, Techniker, Haushaltungen u. s. w. bearbeitet von Richard Krüger. Ingenieur, Lehrer an den techn. Fachschulen der Stadt Buxtehude bei Hamburg. Mit 72 Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CXL. Band. **Blech und Blechwaaren.** Prakt. Handbuch f. die gesammte Blechindustrie, f. Hüttenwerke, Constructions-Werkstätten, Maschinen- u. Metallwaaren-Fabriken, sowie f. d. Unterricht an technischen u. Fachschulen. Von Eduard Japing, Ingenieur u. Redacteur. Mit 125 Abbild. 28 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. = 5 M. 40 Pf.

CXLI. Band. **Handbuch der praktischen Papier-Fabrikation.** Von Dr. Stanislaus Mierzinski. In drei Bänden.

Zweiter Band. Die Ersatzmittel der Hadern. Mit 114 Abbild. 21 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark. (Siehe auch Band 138 und 142.)

CXLII. Band. Dritter Band. Anleitung zur Untersuchung der in der Papier-Fabrikation vorkommenden Rohproducte. Mit 28 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf. (Siehe auch Band 138 und 141.)

CXLIII. Band. **Wasserglas und Infusorienerde, deren Natur und Bedeutung für Industrie, Technik und die Gewerbe.** Von Hermann Krätzer. Mit 32 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CXLIV. Band. **Die Verwerthung der Holzabfälle.** Eingehende Darstellung der rationellen Verarbeitung aller Holzabfälle, namentlich der Sägespäne, ausgenützten Farbhölzer und Gerberrinden als Heizungsmaterialien, zu chemischen Producten, zu künstlichen Holzmassen, Explosivstoffen, in der Landwirthschaft als Düngemittel und zu vielen anderen technischen Zwecken. Ein Handbuch für Waldbesitzer, Holzindustrielle Landwirthe 2c. 2c. Von Ernst Hubbard. Mit 35 Abbild. 14 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CXLV. Band. **Die Malz-Fabrikation.** Eine Darstellung der Bereitung von Grün-, Luft- und Darrmalz nach den gewöhnlichen und den verschiedenen mechanischen Verfahren. Von Karl Weber. Mit 77 Abbild. 22 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

CXLVI. Band. **Chemisch-technisches Receptbuch für die gesammte Metall-Industrie.** Eine Sammlung ausgewählter Vorschriften für die Bearbeitung aller Metalle, Decoration u. Verschönerung daraus gefertigter Arbeiten, sowie deren Conservirung. Ein unentbehrl. Hilfs- u. Handbuch für alle Metall verarbeitenden Gewerbe. Von Heinrich Bergmann. 18 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

CXLVII. Band. **Die Gerb- und Farbstoff-Extracte.** Von Dr. Stanislaus Mierzinski. Mit 59 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CXLVIII. Band. **Die Dampf-Brauerei.** Eine Darstellung des gesammten Brauwesens nach dem neuesten Stande des Gewerbes. Mit besond. Berücksichtigung der Dickmaisch- (Decoctions-) Brauerei nach bayrischer, Wiener und böhmischer Braumethode und des Dampfbetriebes. Für Praktiker geschildert von Franz Cassian, Brauereileiter. Mit 55 Abbild. 24 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 75 kr. = 5 Mark.

CXLIX. Band. **Praktisches Handbuch für Korbflechter.** Enthaltend die Zurichtung der Flechtweiden und Verarbeitung derselben zu Flechtwaaren, die Verarbeitung des spanischen Rohres, des Strohes, die Herstellung von Sparteriewaaren, Strohmatten und Rohrdecken, das Bleichen, Färben, Lackiren und Vergolden der Flechtarbeiten, das Bleichen und Färben des Strohes u. s. w. Von Lou Edgar Andés. Mit 82 Abbild. 19 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25

CL. Band. **Handbuch der praktischen Kerzen-Fabrikation.** Von win Engelhardt. Mit 58 Abbild. 27 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 30 kr. = 6

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

CLI. Band. **Die Fabrikation künstlicher plastischer Massen,** sowie der künstlichen Steine, Kunststeine, Stein- und Cementgüsse. Eine ausführliche Anleitung zur Herstellung aller Arten künstlicher plastischer Massen aus Papier, Papier- und Holzstoff, Cellulose, Holzabfällen, Gyps, Kreide, Leim, Schwefel, Chlorzink und vielen anderen, bis nun wenig verwendeten Stoffe, sowie des Stein- und Cementgusses unter Berücksichtigung der Fortschritte bis auf die jüngste Zeit. Von Johannes Höfer. Mit 44 Abbild. 19 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

CLII. Band. **Die Färberei à Ressort und das Färben der Schmuckfedern.** Leichtfaßliche Anleitung, gewebte Stoffe aller Art neu zu färben oder umzufärben und Schmuckfedern zu appretiren und zu färben. Von Alfred Brauner. Mit 13 Abbild. 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CLIII. Band. **Die Brillen, das dioptrische Fernrohr und Mikroskop.** Ein Handbuch für praktische Optiker von Dr. Carl Neumann. Nebst einem Anhange, enthaltend die Burow'sche Brillen-Scala und das Wichtigste aus dem Productions- und Preisverzeichnisse der Glasschmelzerei für optische Zwecke von Schott & Gen in Jena. Mit 95 Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

CLIV. Band. **Die Fabrikation der Silber- und Quecksilber-Spiegel** oder das Belegen der Spiegel auf chemischem und mechanischem Wege. Von Ferdinand Cremer. Mit 37 Abbild. 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CLV. Band. **Die Technik der Radirung.** Eine Anleitung zum Radiren und Aetzen auf Kupfer. Von J. Roller, k. k. Professor. 11 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CLVI. Band. **Die Herstellung der Abziehbilder** (Metachromatypie, Decalcomanie) der Blech- und Transparentdrucke nebst der Lehre der Uebertragungs-, Um- u. Ueberdruckverfahren. Von Wilhelm Langer. Mit 8 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CLVII. Band. **Das Trocknen, Bleichen, Färben, Bronziren und Vergolden natürlicher Blumen und Gräser** sowie sonstiger Pflanzentheile und ihre Verwendung zu Bouquets, Kränzen und Decorationen. Ein Handbuch für praktische Gärtner, Industrielle, Blumen- und Bouquetsfabrikanten. Auf Grund langjähriger praktischer Erfahrungen zusammengestellt von W. Braunsdorf. Mit 4 Abbild. 12 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CLVIII. Band. **Die Fabrikation der deutschen, französischen und englischen Wagen-Fette.** Leichtfaßlich geschildert für Wagenfett-Fabrikanten, Seifen-Fabrikanten, für Interessenten der Fett- und Oelbranche. Von Hermann Krätzer. Mit 24 Abbild. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CLIX. Band. **Haus-Specialitäten.** Von Adolf Vomáčka. Mit 12 Abbild. 15 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CLX. Band. **Betrieb der Galvanoplastik mit dynamo-elektrischen Maschinen** zu Zwecken der graphischen Künste von Ottomar Volkmer. Mit 47 Abbild. 16 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

CLXI. Band. **Die Rübenbrennerei.** Dargestellt nach den praktischen Erfahrungen der Neuzeit von Hermann Briem. Mit 14 Abbild. und einem Situationsplane. 13 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CLXII. Band. **Das Aetzen der Metalle für kunstgewerbliche Zwecke.** Nebst einer Zusammenstellung der wichtigsten Verfahren zur Verschönerung geätzter Gegenstände. Nach eigenen Erfahrungen unter Benützung der besten Hilfsmittel bearbeitet von H. Schuberth. Mit 24 Abbild. 17 Bog. 8. Eleg. geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CLXIII. Band. **Handbuch der praktischen Toiletteseifen-Fabrikation.** Praktische Anleitung zur Darstellung aller Sorten von deutschen, englischen und französischen Toiletteseifen, sowie der medicinischen Seifen, Glycerinseifen und der Seifenspecialitäten. Unter Berücksichtigung der hierzu in Verwendung kommenden Rohmaterialien, Maschinen und Apparate. Von Alwin Engelhardt. Mit 107 Abbildungen. 31 Bog. 8. Eleg. geh. 3 fl. 30 kr. = 6 Mark.

CLXIV. Band. **Praktische Herstellung von Lösungen.** Ein Handbuch zum raschen und sicheren Auffinden der Lösungsmittel aller technisch und industriell wichtigen festen Körper, sowie zur Herstellung von Lösungen solcher Stoffe für Techniker und Industrielle. Von Dr. Theodor Koller. Mit 16 Abbild. 23 Bog. 8. Eleg. geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

CLXV. Band. **Der Gold- und Farbendruck** auf Kaliko, Leder, Leinwand, Papier, Sammet, Seide und andere Stoffe. Ein Lehrbuch des Hand- und Preßvergoldens, sowie des Farben- und Bronzedruckes. Nebst Anhang: Grundriß der Farbenlehre und Ornamentik. Zum Gebrauche für Buchbinder, Hand- und Preßvergolder, Lederarbeiter und Buntpapierdrucker mit Berücksichtigung der neuesten Fortschritte und Erfahrungen bearbeitet von Eduard Grosse. Mit 102 Abbild. 18 Bog. 8. Geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Chemisch-technische Bibliothek.

CLXVI. Band. **Die künstlerische Photographie.** Nebst einem Anhan über die Beurtheilung und technische Behandlung der Negative photographisc Porträte und Landschaften, sowie über die chemische und artistische Retouche, Mome aufnahmen und Magnesiumblitzbilder. Von E. Schiendl. Mit 38 Abbild. und ei Lichtdrucktafel. 22 Bog. 8. Geh. 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

CLXVII. Band. **Die Fabrikation der nichttrübenden ätherisch Essenzen und Extracte.** Vollständige Anleitung zur Darstellung der sogenann extrastarken, in 50%igem Sprit löslichen ätherischen Oele, sowie der Mischung Essenzen, Extract-Essenzen, Frucht-Essenzen und der Fruchtäther. Nebst einem A hange: Die Erzeugung der in der Liqueur-Fabrikation zur Anwendung kommend Farbtincturen. Ein Handbuch für Fabrikanten, Materialwaarenhändler und Ka leute. Auf Grundlage eigener Erfahrungen praktisch bearbeitet von Heinri Popper. Mit 15 Abbild. 18 Bog. 8. Geh. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 25 Pf.

CLXVIII. Band. **Das Photographiren.** Ein Rathgeber für Amateure u Fachphotographen bei Erlernung und Ausübung dieser Kunst. Mit Berücksichtigu der neuesten Erfindungen und Verbesserungen auf diesem Gebiete. Herausgegeben v J. F. Schmid. Mit 54 Abbild. und einer Farbendruck-Beilage. 19 Bog. 8. G 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

CLXIX. Band. **Oel- und Buchdruckfarben.** Praktisches Handbuch Firniß- und Farbenfabrikanten enthaltend das Reinigen und Bleichen des Leinöl nach verschiedenen Methoden, Nachweisung der Verfälschungen desselben sowie Leinölfirnisse und der zu Farben verwendeten Körper; ferner die Fabrikation Leinölfirnisse, der Oel- und Firnißfarben für Anstriche jeder Art, der Kunstölfar (Malerfarben), der Buchdruckfirnisse, der Flamm- und Lampenruße, der Buchdru schwärzen und bunten Druckfarben, nebst eingehender Beschreibung aller maschinell Vorrichtungen. Unter Zugrundelegung langjähriger eigener Erfahrungen und Benützung aller seitherigen Neuerungen und Erfindungen leichtfaßlich dargestellt v Louis Edgar Andés, Lack- und Firnißfabrikant. Mit 56 Abbild. 19 Bog. Geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

CLXX. Band. **Chemie für Gewerbetreibende.** Eine Darstellung Grundlehren der chemischen Wissenschaft und deren Anwendung in den Gewerb Von Dr. Friedrich Rottner. Mit 70 Abbild. 33 Bog. 8. Geh. 3 fl. 30 kr. = 6 Ma

CLXXI. Band. **Theoretisch-praktisches Handbuch der Gas-Installa tion.** Von D. Coglievina, Ingenieur. Mit 70 Abbild. 23 Bog. 8. G 2 fl. 50 kr. = 4 M. 50 Pf.

CLXXII. Band. **Die Fabrikation und Raffinirung des Glase** Genaue, übersichtliche Beschreibung der gesammten Glasindustrie, wichtig für Fabrikanten, Raffineur, als auch für das Betriebsaufsichtspersonal, mit Berü sichtigung der neuesten Errungenschaften auf diesem Gebiete und auf Grund eigen vielseitiger, praktischer Erfahrungen bearbeitet von Wilhelm Mertens. 86 Abbild. 27 Bog. 8. Geh. 3 fl. = 5 M. 40 Pf.

CLXXIII. Band. **Die internationale Wurst- und Fleischwaare Fabrikation.** Nach den neuesten Erfahrungen bearbeitet von Nicolaus Merge Mit 29 Abbild. 13 Bog. 8. Geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

CLXXIV. Band. **Die natürlichen Gesteine,** ihre chemisch-mineralogis Zusammensetzung, Gewinnung, Prüfung, Bearbeitung und Conservirung. F Architekten, Bau- und Bergingenieure, Baugewerks- und Steinmetzmeister, so für Steinbruchbesitzer, Baubehörden u. s. w. Von Richard Krüger, Bauingenie Erster Band. Mit 7 Abbild. 18 Bog. 8. Geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

CLXXV. Band. **Die natürlichen Gesteine** u. s. w. Von Richa Krüger. Zweiter Band. Mit 109 Abbild. 20 Bog. 8. Geh. 2 fl. 20 kr. = 4

CLXXVI. Band. **Das Buch des Conditors** oder Anleitung zur pr tischen Erzeugung der verschiedensten Artikel aus dem Conditorei-Fache. Buch f Conditore, Hotels, große Küchen und für das Haus, enthält 589 der vorzüglichs Recepte von allen in das Conditoreifach einschlagenden Artikeln. Von Fra Urban, Conditor. Mit 37 Tafeln. 28 Bog. 8. Geh. 3 fl. 30 kr. = 6 Mark.

CLXXVII. Band. **Die Blumenbinderei in ihrem ganzen Umfang** Die Herstellung sämmtlicher Bindereiartikel und Decorationen, wie Kränze, Bouque Guirlanden &c. Ein Handbuch für praktische Gärtner, Industrielle, Blumen- u Bouquet-fabrikanten. Auf wissenschaftlichen und praktischen Grundlagen bearbe von W. Braunsdorf. Mit 61 Abbild. 19 Bog. 8. Geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Ma

CLXXVIII. Band. **Chemische Präparatenkunde.** Handbuch der D stellung und Gewinnung der am häufigsten vorkommenden chemischen Körper. Techniker, Gewerbetreibende und Industrielle. Von Dr. Theodor Koller. 20 Abbild. 20 Bog. 8. Geh. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

Jeder Band ist einzeln zu haben. In eleganten Ganzleinwandbänden; Zusch Band 45 Kr. = 80 Pf. zu den oben bemerkten Preisen.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leip







